

**EVALUACIÓN DE UNA ESTACIÓN FOTOVOLTAICA PARA CARGAR CELULARES  
EN LA UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA – COLOMBIA.**



**MARIA CAROLINA MARTIN ARAÚJO  
SANDRA PATRICIA CONTRERAS BARRERA**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
MONTERÍA - CÓRDOBA**

**2016.**

**EVALUACIÓN DE UNA ESTACIÓN FOTOVOLTAICA PARA CARGAR CELULARES  
EN LA UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA – COLOMBIA.**

**MARIA CAROLINA MARTIN ARAÚJO**

**SANDRA PATRICIA CONTRERAS BARRERA**

**Trabajo de grado presentado, en la modalidad de Trabajo de investigación, como parte de  
los requisitos para optar al Título de Ingeniero Ambiental.**

**DIRECTOR: GABRIEL ANTONIO CAMPO DAZA**

**Esp. INGENIERÍA DE SANEAMIENTO AMBIENTAL**

**CO-DIRECTOR: LILIANA ARAUJO BERROCAL**

**ING. ELECTRÓNICA**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**MONTERÍA - CÓRDOBA**

**2016.**

**La responsabilidad ética, legal y científica de las ideas, conceptos y resultados del proyecto,  
serán responsabilidad de los autores.**

**Artículo 61, acuerdo N° 093 del 26 de noviembre de 2002 del consejo superior.**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

**Firma del jurado**

**Firma del jurado**

*A DIOS, el responsable de todas y cada una de las circunstancias que se presentan en mi vida, las cuales me han traído hasta este momento tan importante para mí. Por regalarme la sabiduría y fortaleza necesaria para emprender cada desafío propuesto, enseñarme a tener fe y a recordar que después de la tormenta más fuerte, el sol vuelve a brillar entre las nubes.*

*A mi mamá gran ejemplo de mujer y la persona más importante en mi vida. La que me ayuda a cumplir mis sueños y me inspira a salir adelante. La mujer todoterreno que ha sacrificado muchas cosas en su vida por brindarle lo mejor a su familia, una y mil veces gracias. A mi herma, el hombre de mi vida, el que me entiende y me apoya en cada una de las decisiones que tomo.*

*A mi papi, y mis abuelitos (Mamá y Papá), mis angelitos en el cielo, los que siguen dentro de mi corazón a pesar de no estar de cuerpo presente y que estarían orgullosos de verme alcanzar un logro más.*

*A mis tías y primos, mis segundas madres y hermanos, la mejor familia que Dios me pudo obsequiar. Los que me ayudan a salir adelante y me regalan todo su apoyo cuando lo necesito. Gracias por siempre estar allí y abrirme las puertas de sus hogares y de sus corazones.*

*A mi amiga y compañera de tesis Sandrixxx, por creer en mí y regalarme el voto de confianza necesario para emprender esta aventura juntas. Por ayudarme a levantarme cuando fue necesario y sobretodo por brindarme su amistad incondicional. Gracias a su familia por su invaluable ayuda y por hacerme sentir como parte de ellos.*

*A mis amigas y amigos, esas personitas que están allí cuando los necesito (Buenos y malos momentos), con los que comparto experiencias inigualables y me aceptan tal cual como soy.*

*A mis compañeros por todas esas experiencias vividas a lo largo de la carrera y ayudarme en la culminación de esta etapa. A mis profesores por brindarme sus conocimientos y guiarme a lo largo de este arduo camino.*

*A todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron con la realización de esta tesis.*

*Carolina.*

*Hoy solo es una oportunidad más para agradecerle a Dios por todo lo que me ha dado; desde permitirme nacer, hasta todo el camino que he recorrido para culminar esta meta, que de seguro de su mano serán muchas más.*

*A mis padres Ana Barrera y Lascario Contreras los motores de mi vida, Gracias por su paciencia.*

*A mi hermana Débora del Carmen, por su apoyo, porque con un simple “Te va a quedar grande”, me motivaba a dar más de mí.*

*A mi madre, hermana, cómplice, prima; gracias por siempre sostener mi mano y levantarme cada vez que he caído, por confiar en mí, por no dejar que pierda el norte... Esto es para ti. Las palabras no alcanzan a expresar lo importante que eres para mí. Infinitas gracias Silvia Isabel.*

*A mi amada tía Norma, por correr tantas bases con la simple finalidad de ayudarme, cada vez que lo necesité.*

*A toda mi familia que con un simple gesto de aliento me dieron las energías necesarias para continuar.*

*A mi compañera de tesis, Carola; por tu ayuda, comprensión e impulso para no desfallecer en este largo recorrido.*

*A mis amigos, Andrés, Carlota, Cristian, Pedro, Oscar, José y Rafael, por su compañía en estos años.*

*A mis directores de tesis, Gabriel Campo y Liliana Araujo, porque sin ustedes nada de esto hubiese sido posible.*

*Sandra.*

## **AGRADECIMIENTO ESPECIAL**

A nuestros directores de tesis, Ing. Gabriel Campo Daza e Ing. Liliana Araujo Berrocal, por su valiosa colaboración a la hora de realizar este proyecto, brindarnos sus conocimientos y creer en nosotras, infinitas gracias.

## **AGRADECIMIENTOS**

A los jurados, Ing. Jonathan Méndez Nobles e Ing. Yahir Gonzáles Doria, por los aportes y correcciones realizadas al proyecto, ayudando de esta forma a la finalización de este.

A todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron con la realización de esta tesis.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN.....</b>	<b>14</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>15</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>16</b>
<b>1. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>18</b>
1.1 ANTECEDENTES .....	19
1.2 REFERENTES TEÓRICOS .....	20
1.2.1 Radiación solar sobre la tierra.....	20
1.2.2 El efecto invernadero y calentamiento global.....	21
1.2.3 Huella de carbono.....	21
1.2.4 Generación de energía a partir de fuentes no renovables .....	22
1.2.5 Generación de energía a partir de fuentes renovables .....	23
1.2.6 Generación de energía solar.....	26
<b>2 MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>31</b>
2.1 TIPO DE ESTUDIO.....	32
2.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD .....	32
2.2.1 Análisis del entorno de estudio .....	32
2.2.2 Determinación de la Población Muestral.....	32
2.2.3 Estimación del uso de los celulares en la Universidad de Córdoba .....	33
2.3 DISEÑO DEL SISTEMA.....	34
2.3.1 Estimación del consumo medio diario .....	35
2.3.2 Dimensionado del generador fotovoltaico (número de paneles necesarios) .....	35
2.3.3 Dimensionado del sistema de acumulación (Capacidad Nominal de la batería en función de la descarga máxima diaria (Cnd)) .....	36
2.3.4 Dimensionado del regulador .....	37
2.3.5 Dimensionado del inversor .....	37
2.4 ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA .....	38
2.4.1 Tiempo de carga: Sistema Fotovoltaico - Celulares.....	38
2.4.2 Energía entregada por el sistema.....	38



2.4.3	Autonomía del sistema en las horas de la noche .....	38
2.5	DETERMINACION DE LOS BENEFICIOS AMBIENTALES, ECONÓMICOS Y SOCIALES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO. ....	40
2.5.1	Beneficios Ambientales .....	40
2.5.2	Beneficios Económicos .....	40
2.5.3	Grado de Satisfacción.....	40
<b>3</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>41</b>
3.1	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD .....	42
3.1.1	Análisis del entorno de estudio .....	42
3.1.2	Determinación de la Población Muestral.....	44
3.1.3	Estimación del uso de los celulares en la Universidad de Córdoba. ....	45
3.2	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	47
3.2.1	Estimación del consumo medio diario .....	47
3.2.2	Dimensionado del generador fotovoltaico (número de paneles necesarios) .....	48
3.2.3	Dimensionado del sistema de acumulación .....	50
3.2.4	Dimensionado del regulador .....	51
3.2.5	Dimensionado del inversor .....	53
3.3	ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA .....	53
3.3.1	Tiempo de carga: Sistema Fotovoltaico - Dispositivos móviles.....	53
3.3.2	Energía entregada por el sistema.....	56
3.3.3	Autonomía del sistema en las horas de la noche.....	63
3.4	VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS AMBIENTALES, ECONÓMICOS Y SOCIALES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO. ....	64
3.4.1	Beneficios ambientales .....	64
3.4.2	Beneficios económicos.....	69
3.4.3	Grado de Satisfacción.....	72
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>76</b>
<b>5</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>78</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA. ....</b>	<b>80</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>84</b>

## LISTA DE ANEXOS

<b>ANEXO 1.</b> Mediciones preliminares de radiación. ....	85
<b>ANEXO 2.</b> Encuesta para determinar el uso de celulares en la universidad de córdoba. ....	88
<b>ANEXO 3.</b> Determinación PR (Factor global de funcionamiento.) ....	89
<b>ANEXO 4.</b> Determinación de Potencia.....	91
<b>ANEXO 5.</b> Energía Ideal ( $E_I$ ) y Energía Real ( $E_R$ ) entregada por el sistema .....	98
<b>ANEXO 6.</b> Encuesta del grado de satisfacción Plátano Solar .....	99
<b>ANEXO 7.</b> Registro Fotográfico .....	101
<b>ANEXO 8.</b> Evidencias de noticias relacionadas al proyecto .....	107
<b>ANEXO 9.</b> Presupuesto Plátano Solar .....	112
<b>ANEXO 10.</b> Manual de Operaciones.....	113

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Valores promedios de radiación. ....	42
<b>Tabla 2.</b> Consumo medio diarios cargas AC.....	47
<b>Tabla 3.</b> Tiempo de cargas de celulares.....	54
<b>Tabla 4.</b> Tiempo de carga Energía Convencional vs Energía Fotovoltaica .....	55
<b>Tabla 5.</b> Mediciones promedio de la eficiencia del sistema (circuito cerrado).....	58
<b>Tabla 6.</b> Mediciones de la eficiencia del sistema (circuito abierto) .....	60
<b>Tabla 7.</b> Disminución de CO <sub>2</sub> -e a la atmosfera (Periodo de un mes).....	64
<b>Tabla 8.</b> Disminución de CO <sub>2</sub> -e a la atmosfera (Periodo 1- 3 años) .....	65
<b>Tabla 9.</b> Emisiones de diversas fuentes de energía por cada kWh producido .....	67
<b>Tabla 10.</b> Ahorro económico Plátano Solar .....	69
<b>Tabla 11.</b> Ahorro Económico Plátano Solar (Capacidad Neta) .....	71

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 .</b> Componentes de un Sistema Fotovoltaico.....	29
<b>Figura 2.</b> Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico. ....	34
<b>Figura 3:</b> Determinación del Voltaje del Sistema (Conexión en Paralelo).....	56
<b>Figura 4:</b> Determinación de Corriente del Sistema (Conexión en Serie) .....	57
<b>Figura 5.</b> Determinación de Corriente del Sistema (Conexión en paralelo), circuito abierto.....	61
<b>Figura 6.</b> Determinación de Corriente del Sistema (Conexión en serie), circuito abierto.....	62

## LISTA DE GRAFICAS

<b>Grafica 1.</b> Valores promedios de radiación solar versus hora. ....	43
<b>Grafica 2.</b> Personas con celulares en la Universidad.....	45
<b>Grafica 3.</b> Personas que cargan celulares en la Universidad .....	45
<b>Grafica 4.</b> Tiempo de carga de celulares en la Universidad .....	46
<b>Grafica 5.</b> Valores promedios de Potencia versus Radiación .....	59
<b>Grafica 6.</b> TIAE en función del año de fabricación. ....	68
<b>Grafica 7.</b> Personas que Utilizan el Plátano Solar.....	72
<b>Grafica 8.</b> Frecuencia de uso Plátano Solar .....	72
<b>Grafica 9.</b> Funcionamiento del Plátano Solar .....	73
<b>Grafica 10.</b> Implementación proyectos en la Universidad.....	73
<b>Grafica 11.</b> Instalación de Plátanos en la Universidad .....	74

## RESUMEN

El proyecto tuvo como finalidad la evaluación de una estación fotovoltaica para cargar celulares en la sede central de la Universidad de Córdoba - Colombia, que utiliza como fuente de abastecimiento la energía solar, la cual es considerada una de las energías renovables más importantes y viables, sobre todo en la región Caribe donde el potencial solar es alto (1730 – 2000 Wh/m<sup>2</sup>/año); al igual que el fortalecimiento del uso de las tecnologías sustentables dentro del Campus universitario. La estación fotovoltaica, tiene forma de una planta nativa de la región conocida comúnmente como Plátano (*Musa paradisiaca L*), el sistema eléctrico está integrado por cuatro paneles solares de 10 watt, que captan la energía proveniente del sol, una batería de 12 voltios donde se almacena la energía, un regulador que controla los procesos de carga y descarga de la batería y un inversor de 450 watt, encargado de transformar la energía solar en energía eléctrica ; el sistema tiene una capacidad de cargar seis (6) celulares de manera simultánea y puede ser utilizado en las horas de la noche. Como resultado se obtuvieron beneficios en el ámbito ambiental, económico y social, tales como: pequeñas reducciones en las emisiones de dióxido de carbono equivalente, ahorro económico como resultado de la reducción del consumo de energía eléctrica y en mayor medida, el mejoramiento de las condiciones de espacios aislados utilizados como zonas de estudio y de esparcimiento debido a la disponibilidad de fuentes de energía.

**Palabras claves:** *Energía solar, radiación solar, tecnologías sustentables.*

## ABSTRACT

The project has to evaluate the implementation of a photovoltaic station to charge cell at the main seat of the Universidad de Cordoba – Colombia, which uses as a supply source of solar energy, which is considered one of the most important renewable energy and sustainable especially in the Caribbean Region where the solar potential is high (1730 – 2000 Wh/m<sup>2</sup>/año); also encourage the strengthening of the use of sustainable technologies within the university campus. The photovoltaic station is shaped like a native plant to the region commonly known as “PLATANO” (*Musa paradisiaca L*), the electrical system is composed of four solar panels 10 watt, which capture energy from the sun, a 12-volt battery where energy stored, a regulator that controls the loading and discharge of the battery and an inverter (450 watt), responsible for transforming energy from DC to AC; the system has a load capacity of six (6) cell simultaneously and can be used in the hours of the night. Small reductions in emissions of carbon dioxide equivalent, cost savings as a result of reduced energy consumption and greater extent, improving the conditions: As a result, benefits in environmental, economic and social, such as fields were obtained isolated spaces used as study areas and recreation due to the availability of energy sources.

**Key words:** *Solar energy, solar radiation, sustainable technologies.*

## **INTRODUCCIÓN**



El Calentamiento Global, es una problemática que se ha intensificado en las últimas décadas en el planeta tierra como consecuencia del aumento indiscriminado de los gases de efecto invernadero (GEI); generando de esta manera diversos impactos negativos sobre el medio ambiente (IPCC, 2014). El Gas de efecto invernadero que más ha influenciado sobre el Calentamiento global es el Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ) ;se estima que el 85 % de las emisiones antropogénicas de dicho gas provienen principalmente de los sectores de energía y transporte, los cuales utilizan como materia prima los combustibles fósiles (International Energy Agency 2010). En la actualidad se tiene como herramienta una metodología para realizar la cuantificación de los Gases de efecto Invernadero, emitidos a la atmosfera por un individuo, organización, proceso, producto, o evento; expresados en dióxido de carbono equivalente ( $\text{CO}_2\text{-e}$ ), denominada huella de carbono(Goleman 2009).

Los países a nivel mundial en aras de alcanzar el desarrollo sustentable han implementado alternativas con el fin reducir la huella de carbono; entre las iniciativas que han adquirido un rol determinante se encuentran las energías renovables, las cuales son recursos limpios y casi inagotables, que ayudan notablemente a disminuir los impactos negativos medioambientales y sanitarios; además traen beneficios significativos en los ámbitos económico y social. (Durán 2012).

El siguiente trabajo de investigación tuvo como finalidad la evaluación de una estación para cargar celulares en la Universidad de Córdoba - Colombia, que utilizo como fuente de abastecimiento la energía solar, la cual es considerada una de las energías renovables más importantes y viables, en la región Caribe donde el potencial solar es alto ( $1730 - 2000 \text{ kWh/m}^2/\text{año}$ ).

## **1. REVISIÓN DE LITERATURA**

## **1.1 ANTECEDENTES**

En la actualidad la utilización de energías renovables para suplir la demanda energética ha cobrado cierta relevancia en el planeta. Diversos autores han realizado investigaciones relacionadas al uso de la Energía Solar, encontrando en su uso beneficios ambientales, económicos y sociales. En 2012 en San Antonio de Riobamba - Ecuador se llevó a cabo un proyecto de factibilidad para uso de paneles solares en un complejo habitacional, en el cual se evaluó los requerimientos de consumo energético de una vivienda residencial y en base de la determinación del potencial energético del sol de la localidad, se proyectó el sistema fotovoltaico. Adicionalmente se efectuó un estudio ambiental y se realizó identificación, evaluación y descripción de los impactos ambientales(Chávez 2012).

El año siguiente en Quito Ecuador, Miranda et al (2013) , instaló un sistema de generación de energía solar fotovoltaica en un autobús de la Facultad de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador. El estudio tuvo como finalidad demostrar la aplicación de energías renovables como una alternativa de obtención de energía limpia que pueda reemplazar en un futuro a los combustibles fósiles utilizados actualmente.

Galvis et al (2013) desarrollaron el trabajo titulado “La implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica para la población Wayuu en Nazaret corregimiento del municipio de Uribí, departamento de la Guajira – Colombia”, donde se analizó una alternativa de solución, encontrando la instalación de equipos de suministro energético con celdas solares en una pequeña población alejada, donde se suplan las necesidades de las personas, encontradas en el estudio y teniendo en cuenta distintos factores técnicos y económicos, y de esta forma incrementar el uso de recursos naturales no solo en áreas comunes, sino en todo el territorio del país donde se puedan desarrollar los sistemas de generación de energía limpia aprovechando altos niveles de irradiación gracias al sol.

En ese mismo año, en Medellín Antioquia se desarrolló el trabajo titulado “Dimensionamiento de sistemas de generación fotovoltaicos localizados en la Ciudad de Medellín”, fue desarrollado por Herrera et al (2013), donde muestran una estrategia de optimización basada en la redistribución de energía generada, que busca dejar de consumirla conforme se produce, para aprovecharla en aquellos momentos en los cuales las tarifas de energía son mayores, haciendo uso de un sistema de almacenamiento (Herrera 2013).

En San Carlos de Guatemala, se muestra un diseño de un sistema para cargar Equipos Electrónicos donde la calidad de la energía eléctrica, generada por el sistema fotovoltaico, es similar a la de la red, y cuya finalidad radica en la reducción de costos por los servicios prestados e impactos ambientales y al mismo tiempo satisfaciendo las necesidades de maestros y estudiantes de las escuelas ubicadas en el Corredor Seco de la región nororiente de Guatemala. Este proyecto fue realizado por Spiegeler en el año 2014 y se denominó “Diseño de estación solar para carga eléctrica de equipos electrónicos”(Spiegeler 2014)

## **1.2 REFERENTES TEÓRICOS**

### **1.2.1 Radiación solar sobre la tierra**

La superficie terrestre recibe radiaciones solares de diferentes longitudes de onda, que se dividen en ultravioleta, visible e infrarroja según su capacidad energética. El 9% corresponde a radiación ultravioleta; el 42% a radiación visible y el 49% a radiación infrarroja. La radiación ultravioleta de mayor energía, la ultravioleta C (UV-C), es retenida en la alta atmósfera. La radiación visible es la que perciben nuestros ojos. Parte de la misma es absorbida por las plantas que realizan la fotosíntesis, parte de esa energía se libera en forma de calor y por último la radiación infrarroja (IR) es la de menor energía, mayor longitud de onda, y se siente como calor. Una parte es absorbida por los océanos, y otra se vuelve a irradiar al espacio(Gentile et al. 2007).

### **1.2.2 El efecto invernadero y calentamiento global**

Parte de la radiación infrarroja (IR) se vuelve a irradiar al espacio y es interceptada por los gases de efecto invernadero (GEI), presentes en la atmósfera (Gentile et al. 2007). Los GEI son gases que provocan que la radiación infrarroja se detenga en la atmósfera, por lo que se calientan la superficie de la Tierra y la parte inferior de la atmósfera (Echeverri 2006). El dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido de dinitrógeno ( $\text{N}_2\text{O}$ ) entre otros, son transparentes a la radiación visible y a la radiación IR de longitud de onda corta (IR cercano al visible), absorben la radiación de onda larga y la vuelven a emitir en todas direcciones. Con este efecto, parte de la energía que se escaparía hacia el espacio se queda en la atmósfera. Es el llamado efecto invernadero y es el mismo mecanismo que actúa en un invernadero (Corominas, 2014). Los gases de Efecto Invernadero han estado presentes en la atmósfera en cantidades residuales en gran parte de la historia de la Tierra, pueden ser agregados a la atmósfera tanto de modo natural como antropogénico. El exceso de estos GEI ocasionan un calentamiento en la atmósfera de nuestro planeta, aumentando así las temperaturas ambientales (sin este efecto la tierra sería demasiado fría para los seres humanos). Por emisiones industriales, vehiculares y agrícolas (por ejemplo quemaduras), se aumenta la cantidad de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera por lo cual la temperatura de la tierra tiende a aumentar más y no quedarse estable, fenómeno conocido como Calentamiento Global.

Dicho fenómeno trae consigo una serie de efectos tales como la expansión de los desiertos, el derretimiento del hielo polar, el aumento del nivel del mar (por expansión térmica y por el derretimiento del hielo polar), catástrofes climatológicas, estrés biológico y posiblemente otros efectos desconocidos hasta el momento con sus correspondientes impactos sobre el bienestar humano y la economía mundial (Echeverri 2006).

### **1.2.3 Huella de carbono**

Mide las emisiones totales de GEI causadas directa o indirectamente por una persona, organización, evento o producto. La Huella considera los seis gases de efecto invernadero estipulados en el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso

(N<sub>2</sub>O), los hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), y se mide en términos de toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub>e). Esta medida indica el Potencial de Calentamiento Global (PCG) de cada uno de los seis GEI, expresados en términos de PCG de una unidad de dióxido de carbono. Asimismo, se utiliza para evaluar la liberación de diferentes GEI sobre la base de un común denominador (Power, 2009).

## **1.2.4 Generación de energía a partir de fuentes no renovables**

### **1.2.4.1 Carbón**

Es el más abundante y a su vez el más contaminante de los combustibles fósiles. Se puede encontrar en todas las regiones del mundo. El carbón es el combustible fósil que primero utilizó el hombre, en la actualidad representa aproximadamente el 70% de las reservas energéticas mundiales. El carbón, tiene alto contenido de carbono y es el hidrocarburo más utilizado en la producción de electricidad a nivel mundial. (Tarbuck et al 2005)

### **1.2.4.2 Gas Natural**

El gas natural, es una mezcla de gases que se encuentran en el interior de la tierra. La composición del gas está distribuida en un 70% gas metano, cuyo estado original es gaseoso y un 30% de gases licuables. El consumo mundial de gas natural, ha venido creciendo en las últimas décadas, debido por un lado a los altos precios del petróleo y sus derivados; pero sin duda la razón más importante radica en que el gas natural es el que genera una contaminación moderada, si se compara con los demás combustibles fósiles. (Iniesta, 2002)

### **1.2.4.3 Petróleo**

El petróleo es un combustible natural líquido, constituido por una mezcla compleja de hidrocarburos líquidos que llevan en disolución hidrocarburos sólidos. Su composición es muy variable de unos yacimientos a otros. El producto bruto es un líquido oleoso, de color pardo negruzco, densidad entre 0,82 y 0,95 g/cm<sup>3</sup> e insoluble en agua. El petróleo es de origen fósil. Procede de la transformación, por la acción de determinadas bacterias, de enormes masas de

plancton. Este proceso tuvo lugar en ausencia de aire y bajo capas de sedimentos en cuencas marinas próximas a la costa. Las rocas madres del petróleo son siempre sedimentos arcillosos; sin embargo, raramente se encuentra en su yacimiento de formación, ya que las fuerzas orogénicas plegaron y elevaron los estratos, y expulsaron al petróleo que fue a situarse en sedimentos porosos. (Velasco, 2009).

## **1.2.5 Generación de energía a partir de fuentes renovables**

### **1.2.5.1 Fuentes convencionales**

#### **1.2.5.1.1 Energía Hidráulica**

La energía hidráulica se utiliza fundamentalmente para producir electricidad en las denominadas centrales hidroeléctricas. El agua, retenida en un embalse o presa, se deja caer por una tubería, a cuya salida se coloca una turbina, el eje de la cual comienza a girar al caer al agua; este giro pone en marcha el generador eléctrico obteniéndose así la electricidad. Una de las grandes ventajas de la producción de electricidad con energía hidráulica es que puede ser constante y previsible, al contrario que la gran mayoría de las renovables y, por lo tanto, se puede utilizar para satisfacer la demanda eléctrica base. Las centrales hidroeléctricas se pueden situar junto al cauce de un río o al pie de una presa. Las centrales hidroeléctricas se clasifican según su potencia: Centrales hidráulicas y Centrales mini hidráulicas(Torres, 2008).

### **1.2.5.2 Fuentes no convencionales**

#### **1.2.5.2.1 Eólica**

La energía del viento está relacionada con el movimiento de las masas de aire que se desplazan de áreas de alta presión atmosférica hacia las adyacentes de baja presión, con velocidades proporcionales al gradiente de presión. Los vientos son generados por el calentamiento no uniforme de la superficie terrestre proveniente de la radiación solar; sólo entre el 1 y 2% de esta energía incidente se convierte en viento(Estrada et al. 2010). La energía eólica es una de las

fuentes renovables para la que se dispone de una tecnología madura, por lo que su explotación es técnica y económicamente viable, en unas condiciones de producción y costes competitivos con las fuentes de energía tradicionales. Para poder producir energía eólica se utilizan aerogeneradores, los cuales se pueden clasificar de acuerdo a su potencia nominal en: Microturbinas(< 3Kw),pequeños aerogeneradores(<50Kw), grandes aerogeneradores (<850 Kw), aerogeneradores multivegavat(1 y 3 MW)(Villarubia, 2004).

#### 1.2.5.2.2 Solar

La energía solar se origina en las reacciones de fusión termonuclear que ocurren en el sol; los productos químicos y radioactivos de estas reacciones son absorbidos en donde se originan, por lo tanto es considerada energía limpia, de la cual gran cantidad alcanza a llegar a la superficie de la tierra. El problema principal al utilizar la energía solar es encontrar una fuente de difusión para concentrarla en una cantidad y forma como combustible o electricidad necesario para calentar o mover vehículos, aparatos o maquinarias(Arellano,2002).

Necesita sistemas de captación y de almacenamiento y aprovecha la radiación del sol de varias maneras diferentes:

- **Utilización Directa:** Mediante La incorporación de acristalamientos y otros elementos arquitectónicos con elevada masa y capacidad de absorción de energía térmica. Es la llamada energía solar térmica pasiva.
- **Transformación en Calor:** Es la llamada energía solar térmica, que consiste en el aprovechamiento de la radiación que proviene del sol para calentar fluidos que circulan por el interior de captadores solares térmicos.
- **Transformación en Electricidad:** es la llamada energía solar fotovoltaica que permite transformar en electricidad la radiación solar por medio de células fotovoltaica integrantes de módulos solares(Cuervo et al. 2007).



#### **1.2.5.2.3 Geotérmica**

La energía geotérmica, como su nombre lo indica, es energía calorífica proveniente del núcleo de la Tierra, la cual se desplaza hacia la superficie terrestre a través de las fisuras existentes en las rocas sólidas y semisólidas del interior de la Tierra. Las áreas con mayores recursos geotérmicos accesibles son aquellas en que el magma está muy cerca de la superficie terrestre, con zonas de corteza terrestre delgada o fracturada (Anillo de Fuego). En Sudamérica es originado por el choque de la Placa de Nazca con la Placa Sudamericana. La reserva geotérmica se forma en rocas porosas y permeables ubicadas bajo una capa de roca impermeable que atrapan el agua caliente y vapor en ascenso. La geotermia aprovecha el calor y el agua que se han concentrado en ciertos sitios del subsuelo conocidos como yacimientos geotérmicos. Ellos están asociados a fenómenos volcánicos y sísmicos, cuyo origen común son los movimientos profundos que ocurren continuamente entre los límites de las placas litosféricas (Jara, 2006).

#### **1.2.5.2.4 Mareomotriz**

Las energías renovables provenientes del mar se deben a la influencia de la radiación solar y de los campos gravitatorios solar, terrestre y lunar sobre los océanos. La energía Mareomotriz Se basa en el aprovechamiento de la energía liberada por el agua del mar en sus movimientos de ascenso y descenso de las mareas. Si se comparan con el resto de las energías renovables, las investigaciones y los proyectos para conseguir energía procedente del mar se encuentran en una fase inicial, sin embargo su potencial es muy alto (Amundarain, 2012).

#### **1.2.5.2.5 Biomasa**

La Biomasa se define como la energía almacenada en las plantas y animales, es decir, se encuentra en fuentes naturales y tiene como características ser inagotable ya que cumple con ciclos de recirculación y aprovechamiento. La biomasa libera su energía, a menudo en la forma de calor, y el carbón se oxida nuevamente a dióxido de carbono para restituir el que fue absorbido durante el crecimiento de la planta. Esencialmente, el uso de la biomasa para la energía es la inversa de la fotosíntesis. La biomasa puede utilizarse directamente (por ejemplo combustión de

madera para la calefacción y cocinar) o indirectamente convirtiéndola en un combustible líquido o gaseoso (ej. etanol a partir de cosechas del azúcar o biogás de la basura animal). La energía neta disponible en la biomasa por combustión es de alrededor de 8MJ/kg para la madera verde, 20MJ/kg para la materia vegetal seca en horno, 55MJ/kg para el metano; en comparación con cerca de 23 a 30MJ/kg para el carbón(Padilla, 2009).

## **1.2.6 Generación de energía solar**

### **1.2.6.1 Energía solar fotovoltaica**

Es la transformación directa de la luz solar en electricidad, en un dispositivo optoelectrónica se le llama Efecto Fotovoltaico (FV). A la energía generada mediante este proceso se le conoce como Energía Solar Fotovoltaica. Dicho fenómeno se lleva a cabo en dispositivos o uniones formados por sólidos, líquidos y gases, pero es en sólidos, especialmente en los llamados semiconductores, donde se han observado las mayores eficiencias de conversión de potencia luminosa (luz) a potencia eléctrica (electricidad). La unidad mínima de transformación en donde se realiza el efecto FV se llama celda solar. La electricidad que se genera es del tipo directo o corriente directa (CD). Las celdas solares se asocian o agrupan mediante conexiones en serie o en paralelo para aumentar la potencia de generación y formar los llamados módulos FV's, y éstos conectados en serie o en paralelo para formar los arreglos FV's. Independientemente del tipo de agrupación eléctrica entre las celdas y/o los módulos solares, a las tecnologías de transformación de luz a electricidad se les llama comúnmente generadores fotovoltaicos(Estrada et al. 2010).

#### **1.2.6.1.1 Sistema fotovoltaico conectado a la red**

Las características principales de estas instalaciones radican, en que la energía producida es vertida a la red eléctrica, sin necesidad de que exista un dispositivo de acumulación. La corriente eléctrica que trasmite la red debe tener una frecuencia específica, para que así las instalaciones de generación eléctrica, proporcionen la corriente con esa frecuencia. En este tipo de instalaciones

juega un papel imprescindible el inversor. Las instalaciones a la red eléctrica se suelen dividir atendiendo a dos criterios: por un lado, se distingue entre instalaciones monofásicas y trifásicas, y por otro lado en instalaciones en baja tensión e instalaciones en media o alta tensión.

El proceso de producción de una instalación conectada a la red comprende varias fases: el generador fotovoltaico es el encargado de producir electricidad, que se conduce en corriente continua, hasta la caja de conexión, donde el cableado la conduce hasta el inversor. Desde este la corriente eléctrica, se conduce hasta la estación de transformación, donde es incrementada su tensión para adecuarla a la línea de interés. (Montes, 2002)

#### **1.2.6.1.2 Sistema fotovoltaico aislado**

Las principales características de la instalación aislada vienen dadas por su pequeño tamaño y la necesidad de acumular la energía producida. Una instalación de energía solar fotovoltaica debe incluir una serie de elementos indispensables para el correcto funcionamiento y control de la instalación, y se describen a continuación: Módulos Fotovoltaicos, Baterías (Acumuladores), Inversor (acondicionador o convertidor) y Regulador de carga. (Pareja, 2010)

##### **1.2.6.1.2.1 Modulo fotovoltaico (generador fotovoltaico)**

Su función es captar y convertir la radiación solar en corriente eléctrica. Estos dispositivos se pueden conectar en serie o en paralelo. Cuando se conectan en serie el voltaje total será la suma de los voltajes individuales de cada uno de los dispositivos. La corriente de salida será igual a la corriente de un módulo. Al conectarlos en paralelo la corriente total será la suma de las corrientes individuales de cada módulo y el voltaje será el mismo que el de uno solo. Por lo tanto, el número de componentes conectado en serie determina el voltaje, y el número de dispositivos en paralelo determina la corriente que se le puede suministrar a una carga (Arenas et al. 2011).

##### **1.2.6.1.2.2 Baterías (acumuladores)**

Una batería se define como un dispositivo de almacenamiento de energía que convierte la energía almacenada en energía eléctrica por medio de una reacción química. En los sistemas

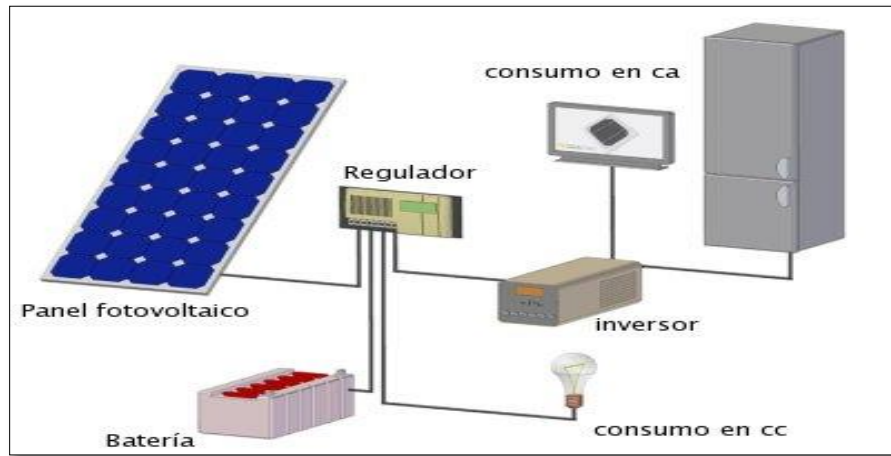
fotovoltaicos aislados o independientes las baterías son las encargadas del almacenamiento de energía. Garantizan los requerimientos de energías durante los periodos de tiempo donde no hay sol o hay poco, aun durante los días soleados normales en que pueden haber situaciones donde existen picos de la demanda que necesitan las baterías para alimentar el exceso de potencia y también para prevenir la sobrecarga del sistema fotovoltaico. Para las aplicaciones de conexión a la red eléctrica, las baterías proporcionan electricidad de respaldo en el caso de falla en la red eléctrica. Una de las consideraciones de diseño importante es la selección del tamaño y tipo, particularmente para aquellos sistemas que no tienen respaldo(Enrique, 2010).

#### **1.2.6.1.2.3 Regulador de carga**

Un regulador de carga es un dispositivo electrónico que realiza la gestión de un sistema fotovoltaico aislado o autónomo. Se encarga de conseguir que el modulo fotovoltaico funcione en el punto de máxima potencia de su curva característica intensidad- tensión, así como de controlar los procesos de carga y descarga de la batería o sistema de acumulación de energía, evitando la sobrecarga y sobre descarga, desconectando las cargas o consumos en corriente continua en caso necesario(Mascaros, 2015).

#### **1.2.6.1.2.4 Inversor (acondicionador o convertidor)**

La conexión directa de un generador fotovoltaico a una carga conduce a relacionar las características de intensidad y de tensión de ambos, aquí podemos hablar de pérdidas debidas a las fluctuaciones que pueden tener la potencia máxima del generador, llamándolas perdidas de utilización. Para evitar estas pérdidas se recurre al uso de convertidores cc- cc, la eficacia de estos es mayor del 90% y casi constante para cualquier entrada, los convertidores de continua son utilizados en aquellos casos en que la tensión en los bornes de la batería no coincide con la requerida por los aparatos de consumo. Su uso representa el beneficio de conseguir que la tensión de salida sea más estable, lo que redundará en un mejor funcionamiento de los aparatos(Tobajas, 2012).



**Figura 1 .** Componentes de un Sistema Fotovoltaico.

**Fuente.** Moreno 2008.

### 1.2.6.2 Térmica

Los sistemas de energía solar térmica recogen la energía radiante del sol y la convierten en calor. Este calor se puede utilizar directamente para fines domésticos e industriales o para producir vapor con el fin de mover turbinas que produzcan electricidad (Pimentel, 2008).

### 1.2.6.3 Colectores solares.

El componente principal de los sistemas activos de energía solar térmica es el colector solar. Consiste en una plancha de color negro provista de conducciones por las que circula el fluido que se calentará. Entre los colectores de placa cabe mencionar los no acristalados, que permiten obtener calor a temperaturas en varios grados superiores a la temperatura ambiente; los acristalados, que están cubiertos de una lámina de vidrio u otro material transparente paralelo a la placa y separado de ella unos centímetros, y que permiten generar calor a temperaturas de entre 30 °C y 60 °C; y de vacío, que son similares a los acristalados, con la diferencia de que se ha vaciado el aire contenido entre la placa y la cubierta de vidrio, y que permiten obtener calor a

temperaturas de entre 50 °C y 120 °C, aproximadamente. La eficiencia típica de los colectores solares utilizados en el intervalo de temperaturas idóneo se extiende entre el 40% y el 70% a pleno sol. (IPCC, 2011).

## **2 MATERIALES Y METODOS**

## **2.1 TIPO DE ESTUDIO**

Para el desarrollo de la investigación se emplearon dos tipos de estudio descriptivo–experimental; donde se evaluó una estación fotovoltaica que tiene como finalidad el suministro de energía a celulares; de manera alterna se analizó la eficiencia del sistema y se identificaron los beneficios ambientales, sociales y económicos que se generaron.

## **2.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**

Con el fin de garantizar la viabilidad del proyecto, se analizaron los siguientes factores en la Universidad de Córdoba:

### **2.2.1 Análisis del entorno de estudio**

Para determinar la viabilidad de la implementación de la estación fotovoltaica en la Universidad de Córdoba, se tomaron durante los primeros 15 días del mes de Marzo del año 2016, valores de radiación solar, con el fin de diagnosticar las condiciones del medio de estudio, consignadas en investigaciones de otros autores.

### **2.2.2 Determinación de la Población Muestral**

Para determinar el tamaño de la población muestral se utilizó la siguiente fórmula, establecida por (Suarez et al. 2012).

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2 Z^2} \quad (1)$$



Dónde:

**n** = el tamaño de la muestra.

**N** = tamaño de la población.

**$\sigma$**  = Desviación estándar de la población que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor constante de 0,5.

**Z** = Valor obtenido mediante niveles de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se lo toma en relación al 95% de confianza equivale a 1,96 (como más usual) o en relación al 99% de confianza equivale 2,58, valor que queda a criterio del encuestador.

**e** = Límite aceptable de error muestral que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor que varía entre el 1% (0,01) y 9% (0,09), valor que queda a criterio del encuestador.

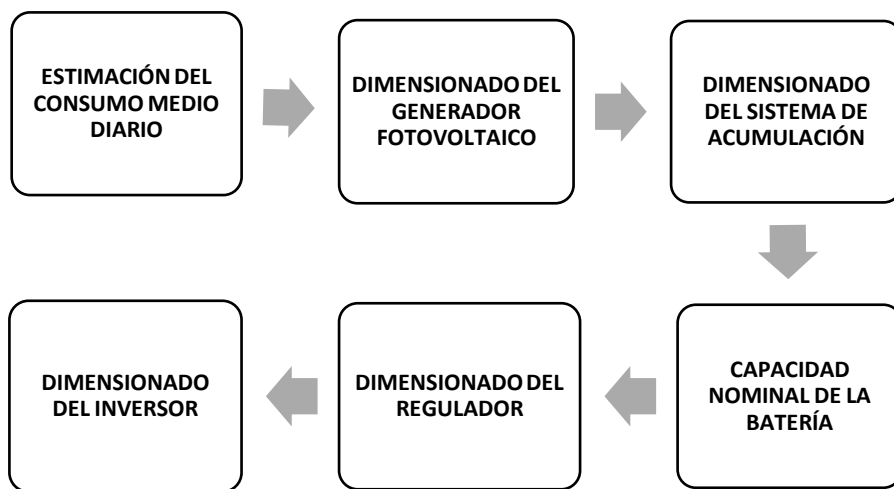
### **2.2.3 Estimación del uso de los celulares en la Universidad de Córdoba**

Se realizó una encuesta en el campus universitario de la Universidad de Córdoba, en busca de conocer con qué frecuencia la comunidad carga sus dispositivos móviles en la institución (Ver Anexo 2), y demostrar la viabilidad de la implementación del proyecto.

### 2.3 DISEÑO DEL SISTEMA

La estructura mecánica tiene forma de una planta nativa de la región; conocida comúnmente como Plátano (*Musa paradisiaca L*), considerada como la mejor captadora de radiación solar de la naturaleza por la forma y tamaño de sus hojas.

El dimensionamiento de la estación fotovoltaica se realizó utilizando la metodología de (Europe SunFields 2011); como se puede observar en la figura 2.



**Figura 2.** Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico.

**Fuente:** Elaboración Propia

### 2.3.1 Estimación del consumo medio diario

Para los cálculos de los consumos medios diarios ( $L_{md}$ ) se consideró la siguiente expresión:

$$L_{md} = \frac{L_{mdDC} + \frac{L_{mdAC}}{n_{inv}}}{n_{bat} * n_{con}} \quad (2)$$

Siendo, ( $L_{md}$ ) el consumo medio de energía diario, ( $L_{mdDC}$ ) el consumo medio de energía diario cargas DC, ( $L_{mdAC}$ ) el consumo medio de energía diario cargas AC, ( $n_{inv}$ ) la eficiencia del inversor, ( $n_{bat}$ ) la eficiencia de la batería y ( $n_{con}$ ) la eficiencia del controlador o regulador.

### 2.3.2 Dimensionado del generador fotovoltaico (número de paneles necesarios)

La determinación del número total de paneles necesarios ( $N_T$ ) para generar la energía que demanda el sistema se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$N_T = \frac{L_{md}}{P_{MPP} * HPS * PR} \quad (3)$$

Siendo, ( $L_{md}$ ) el consumo medio diario ( $P_{MPP}$ ) la potencia pico del módulo en condiciones estándar de medida, ( $HPS$ ) son las horas de sol pico y ( $PR$ ) el factor global de funcionamiento.

Respecto a la conexión de los módulos calculados en serie ( $N_{serie}$ ) o paralelo ( $N_{paralelo}$ ), se utilizaron las siguientes formulas:

$$N_{serie} = \frac{V_{bat}}{V_{mod}} \quad (4)$$

$$N_{paralelo} = \frac{N_T}{N_{serie}} \quad (5)$$

En donde ( $V_{bat}$ ) es el voltaje de la batería, ( $V_{mod}$ ) el voltaje máximo de los módulos, ( $N_T$ ) el número de paneles necesarios y ( $N_{serie}$ ) el número de paneles en serie.

### 2.3.3 Dimensionado del sistema de acumulación (Capacidad Nominal de la batería en función de la descarga máxima diaria ( $C_{nd}$ ))

Se calculó la capacidad nominal necesaria de las baterías en función de la profundidad de descarga diaria ( $C_{nd}$ ).

$$C_{nd}(Wh) = \frac{L_{md}}{P_{Dmaxd} * F_{CT}} \quad (6)$$

Donde, ( $P_{Dmaxd}$ ) es la Profundidad de Descarga Máxima diaria, ( $F_{CT}$ ) un factor de corrección de temperatura y ( $L_{md}$ ) el consumo medio diario.

Se procede a calcular ( $C_{nd}$ ) en términos de Corriente ( $Ah$ )

$$C_{nd}(Ah) = \frac{C_{nd}(Wh)}{V_{Bat}} \quad (7)$$

Dónde: ( $C_n(wh)$ ) es la capacidad nominal de la batería en wh y ( $V_{bat}$ ) es el voltaje de la batería

### 2.3.4 Dimensionado del regulador

Se calculó cual es la máxima corriente que soportara el regulador, a la entrada y salida

#### 2.3.4.1 Corriente Entrada ( $I_{ENTRADA}$ )

$$I_{ENTRADA} = 1,25 * I_{MODSC} * NP \quad (8)$$

Siendo, ( $I_{MODSC}$ ) la corriente unitaria del módulo fotovoltaico en condiciones de cortocircuito, ( $NP$ ) el número de ramas en paralelo y (**1,25**) es un factor de seguridad para evitar daños ocasionales al regulador.

#### 2.3.4.2 Corriente Salida ( $I_{SALIDA}$ )

$$I_{SALIDA} = \frac{1,25 * \left( \frac{P_{DC} + P_{AC}}{N_{inv}} \right)}{V_{BAT}} \quad (9)$$

Siendo ( $P_{DC}$ ) la potencia de las cargas en continua, ( $P_{AC}$ ) la potencia de las cargas en alterna, ( $N_{inv}$ ) rendimiento del inversor y ( $V_{bat}$ ) es el voltaje de la batería.

### 2.3.5 Dimensionado del inversor

Por último, para el cálculo del inversor, únicamente se calculó la suma de las potencias de las cargas de alterna.

$$P_{INV} = 1.2 * P_{SAC} \quad (10)$$

Donde, ( $P_{INV}$ ) es la potencia del inversor, ( $P_{SAC}$ ) la suma de las potencias de las cargas de alterna y (**1.2**) un factor de seguridad.

Para evitar problemas y deficiencias en el correcto funcionamiento de la instalación, se recurrió a un sobredimensionamiento que contemple los picos de arranque.

## **2.4 ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA**

Las mediciones para determinar la eficiencia del sistema fotovoltaico se realizaron durante las horas picos de radiación solar (10 a.m. – 3 p.m.), en el periodo comprendido entre noviembre de 2015 a febrero de 2016.

### **2.4.1 Tiempo de carga: Sistema Fotovoltaico - Celulares.**

Para alcanzar la capacidad completa de carga del sistema fotovoltaico, fue necesario que la batería se encontrara descargada al 60 % (Profundidad de descarga), con el fin de medir el intervalo de tiempo en el cual se logra obtener esta condición. Luego se conectaron seis celulares (capacidad máxima del sistema), y se estimó el tiempo que tardan en cargarse al 100%. Adicionalmente para determinar el tiempo de carga entre el sistema y la corriente convencional, se conectó un celular en cada una de las fuentes de energía.

### **2.4.2 Energía entregada por el sistema**

Para obtener los datos necesarios para realizar el cálculo de la potencia entregada por el sistema, se utilizaron dos multímetro, los cuales fueron conectados en serie y en paralelo con el fin de conocer los datos de corriente (I) y voltaje (V) del sistema respectivamente. Estos valores fueron tomados cada quince minutos durante las cinco horas de radiación, periodo comprendido entre las 10 a.m. y 3 p.m.

El cálculo de la potencia entregada por el sistema se realizó reemplazando los datos obtenidos en la siguiente fórmula:

$$P = V * I \quad (11)$$

Para hallar la eficiencia del sistema, hay que tener en cuenta que esta se calcula conociendo la energía ideal y la energía real entregada por el sistema, como se observa en la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{E_R}{E_I} * 100\% \quad (12)$$

**Dónde:**

$(E_R)$  = Energia Real

$(E_I)$  = Energia Ideal

### **2.4.3 Autonomía del sistema en las horas de la noche**

Con la batería totalmente cargada se conectaron lo seis celulares (número máximo de celulares que el sistema soporta) y las luces Led (10 watt); esta medición se realizó de 6:30 de la noche, momento en el cual el sistema deja de recibir energía del sol hasta 10:00 p.m.

## **2.5 DETERMINACION DE LOS BENEFICIOS AMBIENTALES, ECONÓMICOS Y SOCIALES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.**

### **2.5.1 Beneficios Ambientales**

Para determinar los beneficios ambientales que trajo consigo la implementación de la Estación Fotovoltaica en la Universidad de Córdoba, se realizó el cálculo de reducción del Dióxido de Carbono Equivalente ( $\text{CO}_2\text{-e}$ ), utilizando como herramienta un medidor de consumo de energía eléctrica, el cual estuvo instalado en la estación Fotovoltaica durante el periodo de prueba que consto de un mes (30 días). Cumplido el tiempo establecido, se procedió a extraer el dato suministrado por el medidor de consumo, y se multiplico por el factor de emisión de Dióxido de Carbono Equivalente ( $\text{CO}_2\text{-e}$ ), sugerido por UPME (Unidad de Planeación Minero Energética) en el 2015 para el consumo eléctrico en Colombia (0,199 Kg de  $\text{CO}_2$  eq/kWh). Adicionalmente se compararon los datos obtenidos, con los resultados de otras investigaciones similares.

### **2.5.2 Beneficios Económicos**

Para calcular el ahorro económico a corto, mediano y largo plazo obtenido con la implementación de la estación fotovoltaica (Plátano Solar) en el campus universitario, se utilizó un medidor de consumo de energía eléctrica, como herramienta de medición, el cual estuvo instalado en la estación Fotovoltaica durante el periodo de prueba que consto de un mes (30 días). Cumplido el tiempo establecido, se procedió a extraer el dato suministrado por el medidor de consumo de energía eléctrica y a multiplicarlo por el precio del kilowatts/hora (Kw/h) establecido por la empresa prestadora del servicio de energía (Electrificadora del Caribe S.A E.S.P), el cual es de 419,81 pesos

### **2.5.3 Grado de Satisfacción**

Se realizó una encuesta a un porcentaje de la comunidad universitaria, en busca de conocer las opiniones relacionadas con el proyecto (Ver Anexo 6) y de esta manera establecer el impacto social que trajo consigo la implementación de la estación fotovoltaica. Se estableció como parámetro de satisfacción el 70 % de las opiniones favorables.



### **3 RESULTADOS Y DISCUSIONES**

### 3.1 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

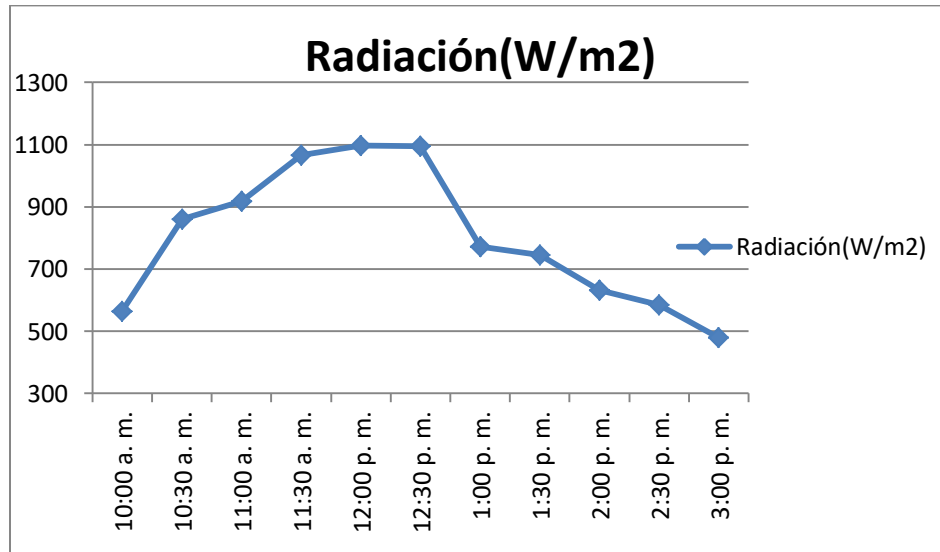
#### 3.1.1 Análisis del entorno de estudio

Según el IDEAM (2014) , los registros de las radiaciones en la ciudad de Montería varían entre 4000 – 4500 (Wh/m<sup>2</sup>/día) , por lo cual se puede afirmar que el potencial de energía solar en la región es alto; datos que concuerdan con el estudio realizado en la Universidad de Córdoba por Mercado en el 2014 , titulado “bombeo de agua con energía solar fotovoltaica: una opción sostenible”; el cual determinó la posibilidad de llevar a cabo proyectos en el área que utilicen energía solar como fuente de abastecimiento, pues se presentan picos de radiación solar de 1569W/m<sup>2</sup> en las horas del mediodía, y en los extremos valores cercanos a 400 W/m<sup>2</sup> (Mercado et al. 2014); para corroborar el potencial de radiación solar del entorno de estudio se realizaron mediciones en un periodo de 5 horas, (10:00 a.m. – 3:00 p.m.) de radiación, durante 15 días (Ver Anexo 1); obteniendo como resultado la tabla 1 con los siguientes valores promedios

**Tabla 1.**Valores promedios de radiación.

Hora	Radiación solar (W/m <sup>2</sup> )	Hora	Radiación solar (W/m <sup>2</sup> )
10:00 a. m.	564	1:00 p. m.	771
10:30 a. m.	861	1:30 p. m.	746
11:00 a. m.	918	2:00 p. m.	632
11:30 a. m.	1067	2:30 p. m.	585
12:00 p. m.	1097	3:00 p. m.	480
12:30 p. m.	1096		

**Fuente:** Elaboración propia.



**Grafica 1.** Valores promedios de radiación solar versus hora.

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se puede evidenciar en la gráfica anterior los valores máximos de radiación se presentan entre las 11:30 de la mañana hasta las 12:30 del mediodía, encontrando el pico máximo a las 12:00 p.m. con valores de  $1097 \text{ W/m}^2$ , al compararlo con el estudio realizado por Mercado en el 2014, los mayores valores de radiación, se encuentran en el periodo de 10 de la mañana hasta las 2 de la tarde, en donde el valor pico fue de  $1569 \text{ W/m}^2$ , presentándose a las 12:30 p.m., es decir a una hora próxima al dato representado en la gráfica 1 y con valores promedios relativamente cercanos. Se observa en la gráfica que los valores registrados al principio y al final de la curva de radiación (10:00 a.m. y 3:00 p.m.), presentan un rango similar al consignado en el estudio de Mercado que oscila entre los  $400 \text{ W/m}^2$  -  $500 \text{ W/m}^2$ .

### 3.1.2 Determinación de la Población Muestral

Se calcula el tamaño de la población muestral, reemplazando los valores correspondientes en la ecuación (1)

$$n = \frac{(13000)(0.5)^2(1.96)^2}{(12999)(0.05)^2 + (0.5)^2(1.96)^2}$$

$$n = \frac{(13000)(0.25)(3.8416)}{(12999)(0.0025) + (0.25)(3.8416)}$$

$$n = \frac{12485.2}{32.4975 + 0.9604}$$

Resolviendo las operaciones establecidas:

$$n = \frac{12485.2}{33.4579}$$

$$n = 373.161 \cong 374$$

Las encuestas realizadas en esta investigación fueron aplicadas a 374 personas, lo cual corresponde al 2.87% de la población universitaria.

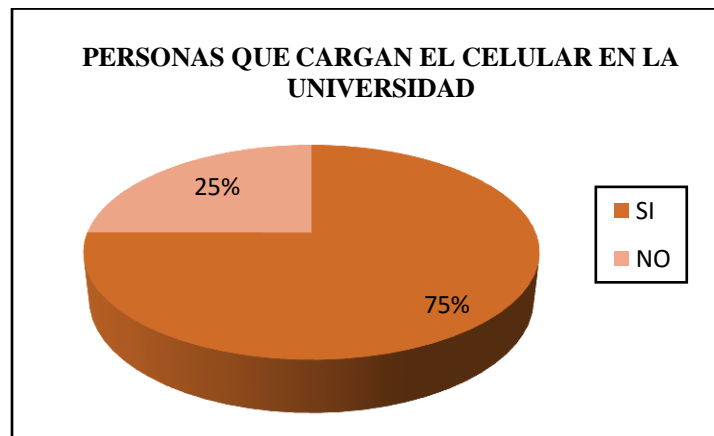
### 3.1.3 Estimación del uso de los celulares en la Universidad de Córdoba.

Los resultados de la encuesta realizada en la Universidad de Córdoba (Ver Anexo 2), se resumen a continuación en las siguientes graficas:



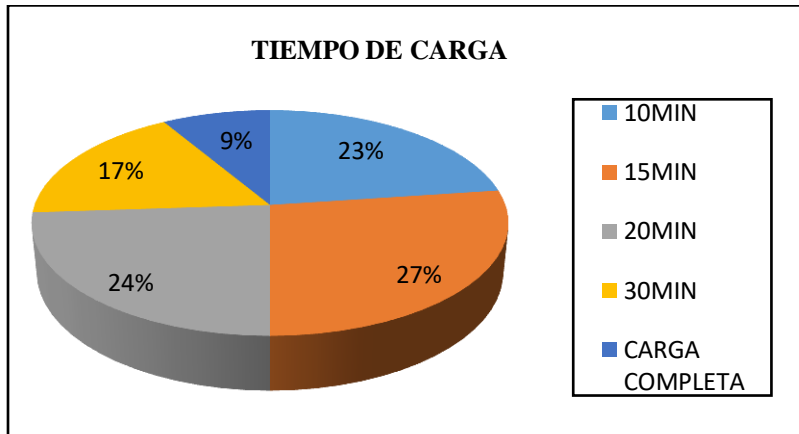
**Grafica 2.** Personas con celulares en la Universidad

**Fuente:** Elaboración Propia



**Grafica 3.** Personas que cargan celulares en la Universidad

**Fuente:** Elaboración Propia



**Grafica 4.** Tiempo de carga de celulares en la Universidad

**Fuente:** Elaboración propia

De las 374 personas encuestadas en la Universidad de Córdoba, 365 respondieron que poseen celular, cifra correspondiente al 98 % de la población. El 2% de población restante correspondiente a 8 personas manifiestan no contar con esta clase de dispositivo móvil.

En lo que respecta a la carga de celulares en la Universidad de Córdoba, se observa que el 75 % de la población muestral encuestada realizan esta actividad en la institución, lo que corresponde a 280 personas del total. El 25 % faltante, correspondiente a 93 personas, afirman que no cargan esta clase de dispositivo móvil en la Institución

De las 280 personas que afirman en el resultado anterior cargar su celular en la Universidad, 256 personas, correspondiente al 91% del total, realizan esta acción en un rango de 10- 30 minutos, el 9% restante correspondiente a 24 personas, cargan completamente la batería de sus equipos celulares.

### 3.2 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

Se procede a aplicar los pasos establecidos en la metodología utilizada para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos propuesta por Europe SunFields 2011

#### 3.2.1 Estimación del consumo medio diario

Inicialmente se estima el consumo diario del sistema.

Antes de empezar a realizar los cálculos, se tuvo en cuenta que el sistema no cuenta con Cargas en continua (DC), por lo cual solo se determinó el consumo de las Cargas en alterna (AC). Las cargas AC se encuentran representadas en los celulares y las luminarias. El consumo de un celular promedio es de 5W, el cual tarda aproximadamente en lograr su carga máxima 2h. Las luminarias escogidas para instalar en la estación fotovoltaica fueron de 10W; las cuales se programaron para funcionar durante 3h, como se observa en la siguiente tabla:

**Tabla 2.**Consumo medio diarios cargas AC

Celulares				
Consumo(W)	N° de Celulares	Potencia (W)	Tiempo de Carga(h)	Consumo diario(Wh)
5	6	30	2	60
Luminaria				
Consumo(W)	N°de Luminarias	Potencia (W)	Tiempo Encendido(h)	Consumo diario(Wh)
10	2	20	3	60

**Fuente:** Elaboración Propia

$$Lmd\ DC = 0$$

$$Lmd\ AC = Consumo\ diario\ Celulares + Consumo\ diario\ Luminarias$$

$$Lmd\ AC = 60wh + 60wh$$

$$Lmd\ AC = 120\ wh$$

El consumo de las Cargas AC, es igual a 120wh/día.

Para el cálculo de los consumos medios diarios ( $L_{md}$ ), se tuvo en cuenta que no existe el consumo medio de energía diario de cargas DC a diferencia del consumo medio de energía diario de cargas AC el cual tiene un valor de 120 wh. En lo concerniente a las eficiencias del Inversor, la batería y el regulador, se utilizaron los valores estandarizados de 0.90, 0.95 y 1 respectivamente.

Reemplazando los datos en la ecuación (2):

$$L_{md} = \frac{0 + \frac{120wh}{0.90}}{0.95 * 1}$$

$$L_{md} = \frac{0 + 133.33wh}{0.95}$$

$$L_{md} = \frac{133.33 wh}{0.95}$$

$$L_{md} = 140.35wh$$

El consumo medio diario ( $L_{md}$ ), es igual 140.35wh

### 3.2.2 Dimensionado del generador fotovoltaico (número de paneles necesarios)

El número total de paneles necesarios para generar la energía que demanda el sistema se calculó teniendo en cuenta el consumo medio diario del sistema igual a 140.35wh, la potencia pico del módulo en condiciones estándar de medida (10 w). Se trabajó con 5 horas pico de sol, dato establecido para la zona donde se ubicó el proyecto (IDEAM 2014), además de un factor global



de funcionamiento de 71.8% , el cual se determinó teniendo en cuenta las diferentes perdidas que pueden restarle eficiencia a los paneles. (Ver Anexo3).

Reemplazando en la ecuación (3):

$$N_T = \frac{140.35 \text{ } wh}{10w * 5h * 0.71}$$

$$N_T = \frac{140.35 \text{ } wh}{35.5 \text{ } wh}$$

$$N_T = 3.95 \approx 4$$

Resolviendo las operaciones determinadas por la ecuación (3), se determinó que el número de paneles necesario para el sistema fue de 4.

Para determinar el tipo de conexión de los módulos en serie se tuvo en cuenta el voltaje tanto de la batería, como el del módulo, los cuales corresponden a 12 V cada uno, como se puede observar reemplazando en la ecuación (4)

$$N_{serie} = \frac{12v}{12v}$$

$$N_{serie} = 1$$

El número de módulos en serie y el número de paneles necesarios, se tiene en cuenta para el cálculo de la conexión en paralelo, la cual se obtiene utilizando la ecuación (5)

$$N_{paralelo} = \frac{4}{1}$$

$$N_{paralelo} = 4$$

De los resultados obtenido de la ecuación 4 y 5, se determinó la conexión de una rama de 4 paneles en Paralelo.

### 3.2.3 Dimensionado del sistema de acumulación

En el lugar donde se ubicó el proyecto no se presentan las 4 estaciones, por lo cual no fue necesario calcular la capacidad nominal de la batería en función de la descarga estacionaria, se procedió a determinar la capacidad nominal pero en función de la descarga máxima diaria, teniendo en cuenta una profundidad de descarga de 60% y una autonomía de 2 días.

Reemplazando en (6):

$$C_n(wh) = \frac{140.35 \text{ } wh * 2}{0.60 * 1}$$

$$C_n(wh) = \frac{280.7wh}{0.60}$$

$$C_n(wh) = 467.83wh$$

Para calcular la capacidad nominal en términos de Corriente ( $C_n (Ah)$ ), utilizamos la ecuación (7)

$$C_n(Ah) = \frac{467.83wh}{12 V}$$

$$C_n(Ah) = 38,98 Ah$$

Ahora se determina el número de baterías necesarias, reemplazando en la ecuación (8), teniendo en cuenta la capacidad nominal comercial de una batería, en este caso 40 Ah.

$$N^{\circ} de Baterias = \frac{38.98Ah}{40Ah}$$

$$N^{\circ} de Baterias = 0.99 \approx 1$$

Para garantizar el buen funcionamiento del sistema en los dos días de autonomía, el sistema utilizo una batería de 40 Ah.

### **3.2.4 Dimensionado del regulador**

Al determinar las dimensiones del regulador del sistema, se debe tener en cuenta la corriente máxima que soportara a la entrada y a la salida, así como la corriente unitaria del módulo fotovoltaico.

#### 3.2.4.1 Corriente Entrada ( $I_{\text{Entrada}}$ )

Reemplazando en (9) se obtiene la corriente de entrada

$$I_{\text{entrada}} = 1.25 * 0.58 * 4$$

$$I_{\text{entrada}} = 2.9A$$

#### 3.2.4.2 Corriente Salida ( $I_{\text{SALIDA}}$ )

Reemplazando en (10) se obtiene la corriente de salida.

$$I_{\text{SALIDA}} = \frac{1.25 * (\frac{0 + 50W}{0.90})}{12V}$$

$$I_{\text{SALIDA}} = \frac{1.25 * (55.55W)}{12V}$$

$$I_{\text{SALIDA}} = \frac{69.44W}{12V}$$

$$I_{\text{SALIDA}} = 5.78A \approx 6 A$$

El regulador con el cual se garantizó un buen funcionamiento del sistema es de 6 A.

### **3.2.5 Dimensionado del inversor**

Para el cálculo del inversor, únicamente se calculó la suma de las potencias de las cargas de alterna (50W).

Reemplazando los datos en (11)

$$P_{INV} = 1.2 * 50W$$

$$P_{INV} = 60W$$

Para evitar problemas y deficiencias en el correcto funcionamiento de la instalación, el inversor se sobredimensiono contemplando de esta manera los picos de arranque.

## **3.3 ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA**

### **3.3.1 Tiempo de carga: Sistema Fotovoltaico - Dispositivos móviles**

El proceso de carga de la batería, se llevó a cabo a partir de las 10 de la mañana, donde se presentaron condiciones atmosféricas promedios; el tiempo que tardó en alcanzar su capacidad máxima de carga fue de tres horas.

Posteriormente, se conectaron al sistema seis celulares con diferentes potencias. Obteniendo como resultado el tiempo de carga de cada uno, como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 3.** Tiempo de cargas de celulares

TIEMPO DE CARGA DE CELULARES							
Horas de la Mañana				Horas de la Tarde			
Número de celulares	Potencia (W)	Tiempo de carga (Min)		Número de celulares	Potencia (W)	Tiempo de carga (Min)	
1	2,4	69	66	1	4,2	87	89
2	2,6	73	75	2	5,3	95	97
3	3,7	83	86	3	6,5	100	102
4	4,9	92	90	4	7,4	130	132
5	6,3	99	105	5	11,4	160	165
6	6,7	115	120	6	12	177	179

**Fuente:** Elaboración propia

Como se evidencia en la tabla anterior, el tiempo de carga de los dispositivos móviles (celulares), es directamente proporcional a la potencia de las baterías. Por tanto se observa que a mayores potencias el tiempo de carga es mayor; caso contrario ocurre con los celulares que poseen menor potencia, que tardan menos tiempo al cargarse.

Se realizó una comparación del tiempo de carga de dos dispositivos móviles utilizando la estación fotovoltaica y la corriente convencional como se muestra en la tabla 4. La prueba se realizó con dos celulares de igual potencia, uno para cada tipo de energía, los cuales en otro día de prueba fueron intercambiados de alternativa para garantizar resultados más precisos en las mediciones

**Tabla 4.** Tiempo de carga Energía Convencional vs Energía Fotovoltaica

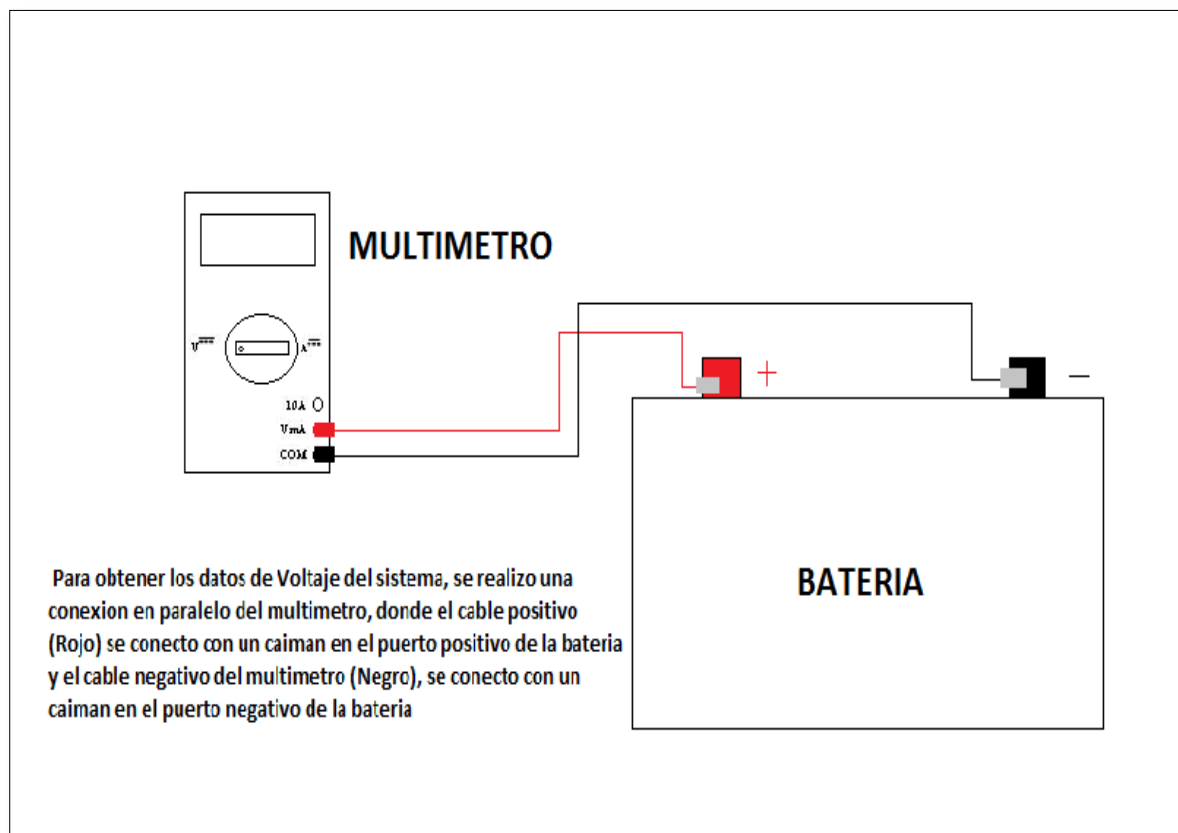
<b>Celulares</b>	<b>Tipo de Energía</b>	<b>Potencia Celulares(W)</b>	<b>Tiempo de carga (Min)</b>
Celular 1	Energía Convencional	6,7	111
Celular 2	Energía Fotovoltaica	6,7	119
Celular 1	Energía Fotovoltaica	6,7	117
Celular 2	Energía Convencional	6,7	112

**Fuente:** Elaboración Propia

Como se logra evidenciar el tiempo de carga máxima de los celulares utilizando la energía fotovoltaica y la energía convencional se encuentran en un rango similar, con una pequeña diferencia en minutos de la Convencional ante la Fotovoltaica. Garantizando de esta manera el buen rendimiento de la utilización de la energía solar para la carga de dispositivos móviles.

### 3.3.2 Energía entregada por el sistema

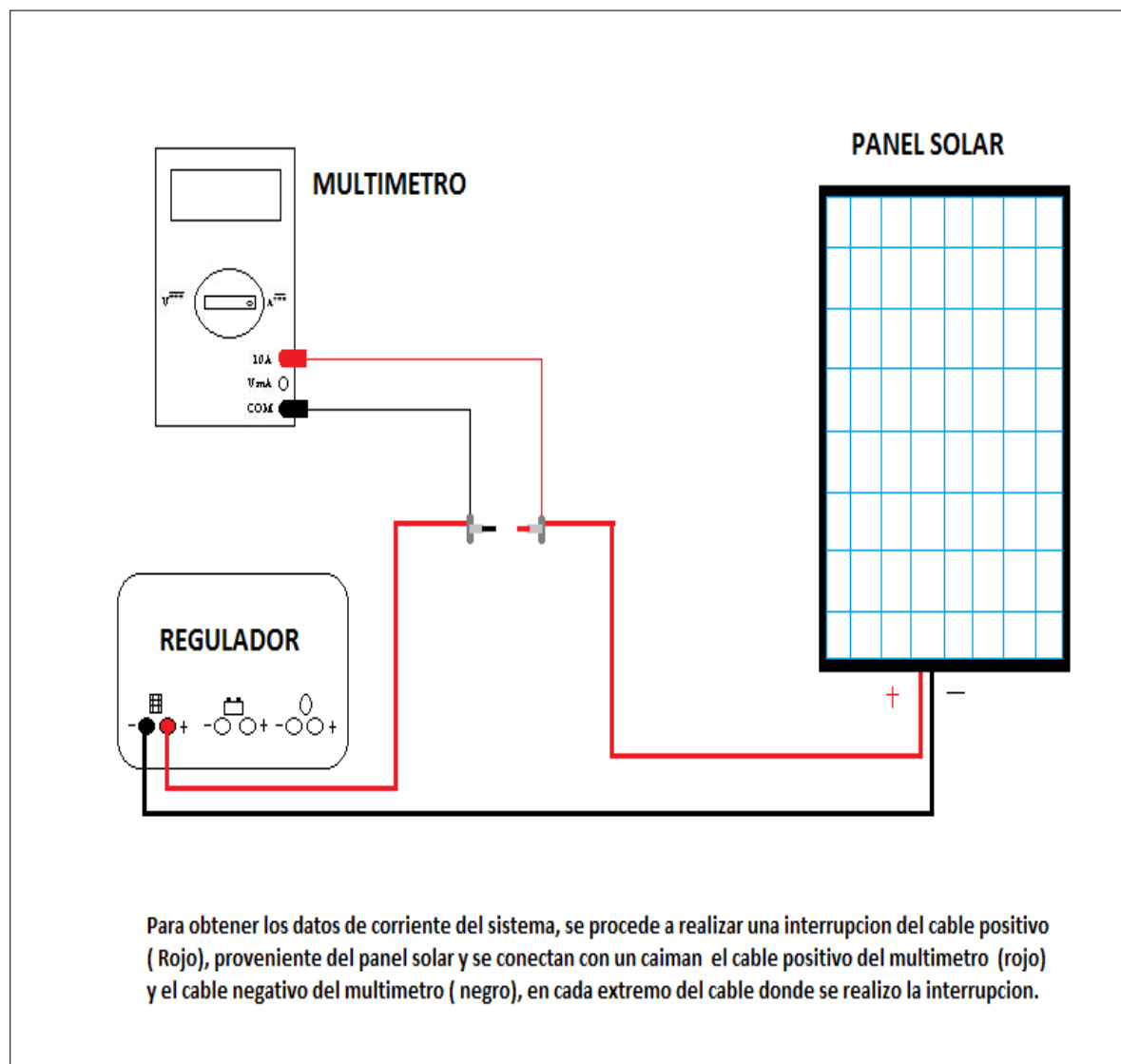
Los resultados de voltaje y corriente fueron obtenidos de las mediciones hechas en los dos meses (Ver anexo 4) de prueba del sistema con la ayuda de los multímetros. Los datos de voltaje se obtuvieron al realizar una conexión en paralelo del multímetro como se muestra en la figura 3, alternamente se procedió a conectar otro multímetro en serie, para obtener los datos de corriente del sistema como se muestra en la figura 4; posteriormente se aplicó la relación  $P = V * I$ , y se calculó la potencia del sistema en las diferentes horas pico como se muestra en la tabla 5.



**Figura 3:** Determinación del Voltaje del Sistema (Conexión en Paralelo)

**Fuente:** Elaboración Propia





**Figura 4:** Determinación de Corriente del Sistema (Conexión en Serie)

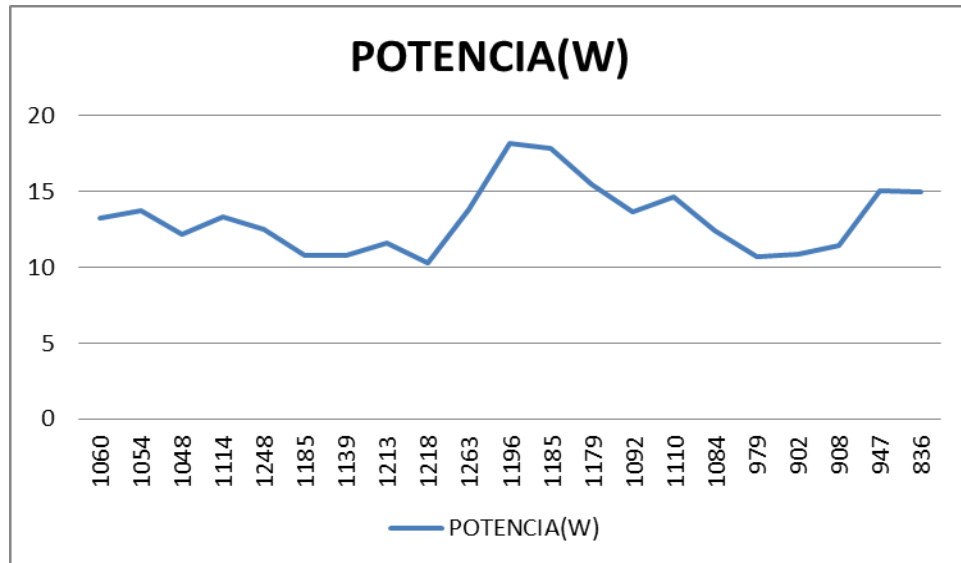
**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla 5.** Mediciones promedio de la eficiencia del sistema (circuito cerrado).

<b>MEDICIONES PROMEDIO DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA (circuito cerrado)</b>				
<b>HORA</b>	<b>VOLTAJE (V)</b>	<b>CORRIENTE(A)</b>	<b>RADIACIÓN(W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>POTENCIA (W)</b>
10:00 a.m.	14,76	0,89	1060,13	13,25
10:15 a.m.	14,69	0,93	1054	13,72
10:30 a.m.	14,14	0,86	1048,13	12,15
10:45 a.m.	13,88	0,95	1114	13,3
11:00 a.m.	13,86	0,89	1247,5	12,51
11:15 a.m.	13,58	0,79	1185	10,82
11:30 a.m.	13,66	0,79	1139,38	10,8
11:45 a.m.	13,55	0,85	1213,25	11,59
12:00 p.m.	13,47	0,76	1217,75	10,31
12:15 p.m.	13,45	1,03	1262,63	13,8
12:30 p.m.	13,49	1,35	1196,25	18,19
12:45 p.m.	13,37	1,34	1185	17,83
01:00 p.m.	13,33	1,17	1179,13	15,46
01:15 p.m.	13,62	1,00	1091,63	13,63
01:30 p.m.	13,64	1,08	1109,88	14,69
01:45 p.m.	13,53	0,91	1083,75	12,41
02:00 p.m.	13,47	0,79	978,75	10,69
02:15 p.m.	13,62	0,79	901,75	10,84
02:30 p.m.	13,65	0,84	907,75	11,42
02:45 p.m.	13,65	1,1	947,25	15,03
03:00 p.m.	13,68	1,09	835,63	14,99

**Fuente:** Elaboración propia

Los datos obtenidos en la tabla anterior, se pueden observar en la gráfica 5:



**Grafica 5.** Valores promedios de Potencia versus Radiación

**Fuente:** Elaboración propia.

En la gráfica 5 se puede observar el comportamiento de la potencia vs la radiación promedio registrada en el periodo comprendido entre las 10 a.m.- 3 p.m. La potencia presenta un comportamiento con altos y bajos en el transcurso del día en donde la radiación juega un papel importante. Se puede apreciar que a nivel práctico, la potencia no alcanza los valores deseados (cerca de 40 W), condición atribuida a el trabajo realizado por el regulador, el cual al encontrarse la batería cargada casi o en su totalidad, limita la corriente suministrada con el fin de evitar sobrecargas.

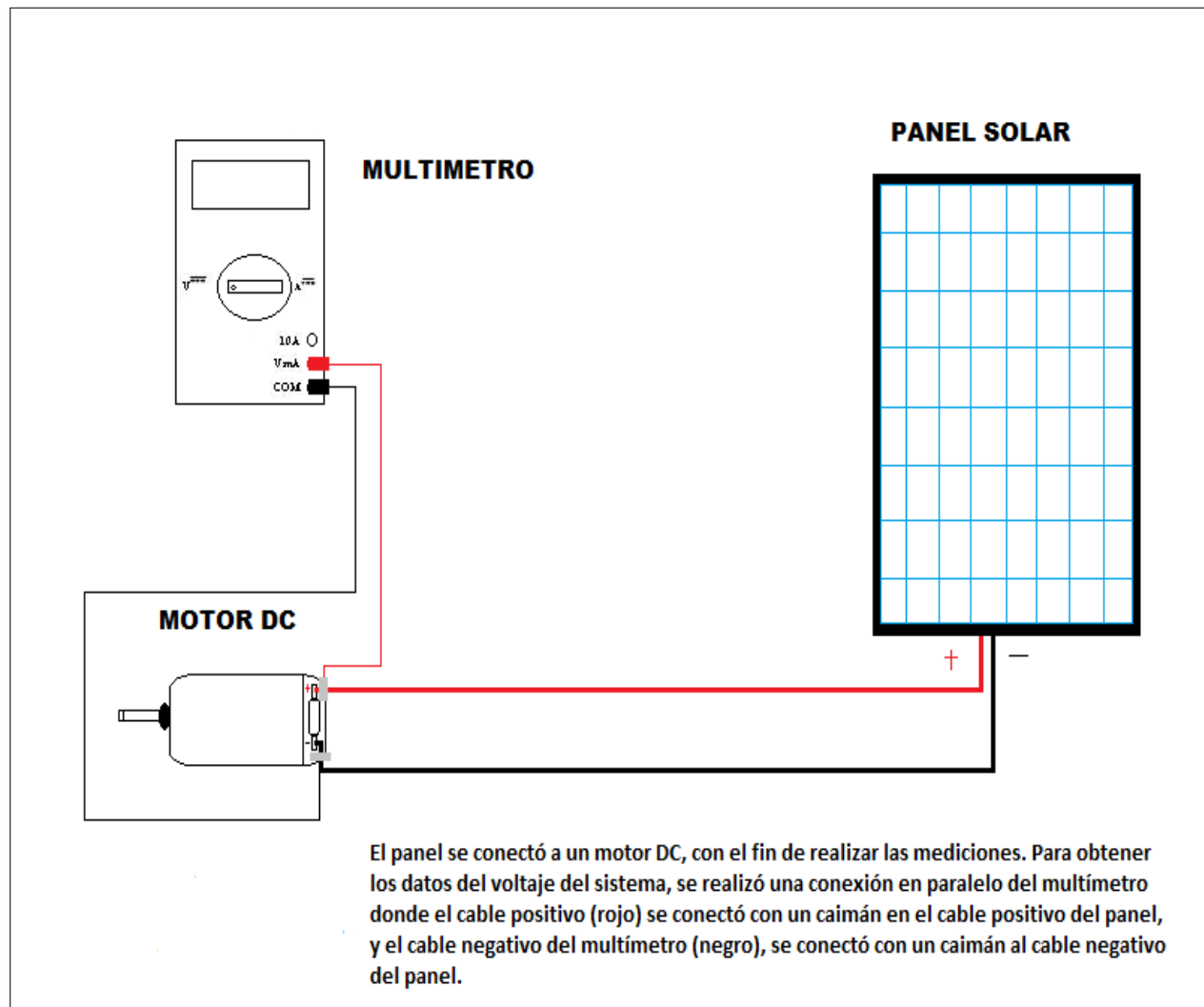
Para conocer la potencia del sistema sin que los datos de corriente fueran limitados, fue necesario, tomar los valores en un circuito abierto, utilizando un Motor DC de 12 V. Las mediciones se tomaron en un periodo comprendido entre las 10 a.m. – 3 p.m. y consignadas en la siguiente tabla:

**Tabla 6.** Mediciones de la eficiencia del sistema (circuito abierto)

<b>MEDICIONES PROMEDIO DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA(circuito abierto)</b>				
<b>HORA</b>	<b>VOLTAJE (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>RADIACIÓN (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>POTENCIA (W)</b>
10:00 a. m.	13,37	2,31	997	30,8847
10:30 a. m.	13,68	2,45	1126	33,516
11:00 a. m.	13,86	2,79	1230	38,6694
11:30 a. m.	13,66	2,85	1283	38,931
12:00 p. m.	13,68	2,9	1325	39,672
12:30 p. m.	13,52	2,95	1454	39,884
01:00 p. m.	13,65	2,93	1379	39,9945
01:30 p. m.	13,64	2,89	1315	39,4196
02:00 p. m.	13,66	2,67	1214	36,4722
02:30 p. m.	13,79	2,39	1113	32,9581
03:00 p. m.	13,68	2,29	986	31,3272

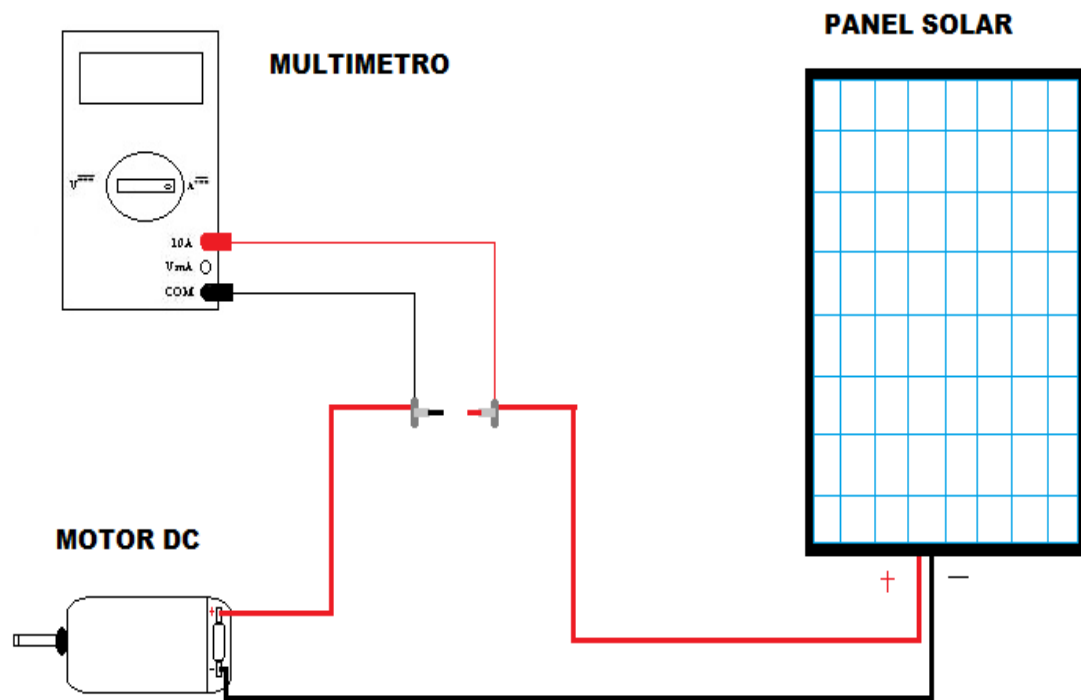
**Fuente:** Elaboración Propia

En la figura 5 y 6, se observa el esquema utilizado para realizar las mediciones con la ayuda de un multímetro



**Figura 5.** Determinación de Corriente del Sistema (Conexión en paralelo), circuito abierto.

**Fuente:** Elaboración Propia



Para obtener los datos de corriente del sistema en circuito abierto, se procede a realizar una interrupción del cable positivo (rojo), proveniente del panel solar y se conectan con un caimán el cable positivo del multímetro (rojo) y el cable negativo del multímetro (negro), en cada extremo del cable donde se realizó la interrupción.

**Figura 6.** Determinación de Corriente del Sistema (Conexión en serie), circuito abierto.

**Fuente:** Elaboración Propia.

La eficiencia del sistema se calculó, reemplazando los datos de la energía ideal ( $E_I$ ) y la energía real ( $E_R$ ) entregada por el sistema (Ver Anexo 5), en la ecuación 12:

$$\eta = \frac{186Wh}{200Wh} * 100\%$$

$$\eta = 91.3\%$$

La eficiencia de la estación fotovoltaica, fue de 91.3%

### **3.3.3 Autonomía del sistema en las horas de la noche**

Para la prueba de autonomía del sistema fotovoltaico, se instaló un temporizador que permitió el encendido de las luces a las 6:30 p.m. y el apagado de las mismas a las 10:00 p.m. Al momento del encendido de las luces se conectaron seis celulares ;luego de dos horas se evidenció que todos los celulares se encontraban totalmente cargados, por lo tanto fue necesario conectar nuevos equipos para que se siguiera consumiendo la energía almacenada en la batería, llegadas las 10:00 p.m. se observó que la batería no sufrió una descarga considerable. Con estos resultados se comprobó que la estación cuenta con la capacidad suficiente que garantiza un funcionamiento adecuado en las horas de la noche.

### 3.4 VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS AMBIENTALES, ECONÓMICOS Y SOCIALES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

#### 3.4.1 Beneficios ambientales

La estación fotovoltaica estuvo en periodo de prueba en el campus universitario durante un mes; por medio de un medidor de consumo de energía eléctrica, se obtuvo el valor correspondiente al gasto de energía en el transcurso de ese periodo de tiempo. Utilizando el factor de emisión de UMPE (2015), se logró cuantificar que cantidad de CO<sub>2</sub>-e se dejó de emitir a la atmosfera.

**Tabla 7.** Disminución de CO<sub>2</sub>-e a la atmosfera (Periodo de un mes)

FACTOR DE EMISIÓN DE CO <sub>2</sub> -e					
CONSUMO MENSUAL		UNIDADES	FACTOR DE EMISIÓN (Kg de CO <sub>2</sub> eq / Kwh)		Kg de CO <sub>2</sub> eq
Energía	4,731	W/h	0,199	Kg de CO <sub>2</sub> eq/kWh	0,94

**Fuente:** Elaboración propia

Como se puede observar, en la tabla anterior la disminución de emisiones a la atmosfera durante el mes de estudio fue 0,94 Kg de CO<sub>2</sub>-e; con esta información es posible proyectar la reducción de CO<sub>2</sub> equivalente a un año.



**Tabla 8.** Disminución de CO<sub>2</sub>-e a la atmosfera (Periodo 1- 3 años)

FACTOR DE EMISIÓN DE CO <sub>2</sub> -e					
CONSUMO		UNIDADES	FACTOR DE EMISIÓN (Kg de CO <sub>2</sub> eq / Kwh)		Kg de CO <sub>2</sub> eq
1 mes	4,731	Kw/h	0,199	Kg de CO <sub>2</sub> eq / Kwh	0,94
2 meses	9,462	Kw/h	0,199	Kg de CO <sub>2</sub> eq / Kwh	1,88
3 meses	14,193	Kw/h	0,199	Kg de CO <sub>2</sub> eq / Kwh	2,82
4 meses	18,924	Kw/h	0,199	Kg de CO <sub>2</sub> eq / Kwh	3,77
5 meses	23,655	Kw/h	0,199	Kg de CO <sub>2</sub> eq / Kwh	4,71
6 meses	28,386	Kw/h	0,199	Kg de CO <sub>2</sub> eq / Kwh	5,65
7 meses	33,117	Kw/h	0,199	Kg de CO <sub>2</sub> eq / Kwh	6,59
8 meses	37,848	Kw/h	0,199	Kg de CO <sub>2</sub> eq / Kwh	7,53
9 meses	42,579	Kw/h	0,199	Kg de CO <sub>2</sub> eq / Kwh	8,47
10 meses	47,31	Kw/h	0,199	Kg de CO <sub>2</sub> eq / Kwh	9,41
11 meses	52,041	Kw/h	0,199	Kg de CO <sub>2</sub> eq / Kwh	10,36
1 año	64,657	Kw/h	0,199	Kg de CO <sub>2</sub> eq / Kwh	12,87
2 año	129,314	Kw/h	0,199	Kg de CO <sub>2</sub> eq / Kwh	25,73
3 año	193,971	Kw/h	0,199	Kg de CO <sub>2</sub> eq / Kwh	38,60

**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 8, al realizar una proyección, la reducción de CO<sub>2</sub> equivalente de un año sería de 12,87 Kg; cantidad significativa si se tiene en cuenta que esta se obtendría como resultado de la carga de dispositivos móviles (Celulares), los cuales cuentan con una potencia muy baja. Si se procede a hacer una comparación con otros proyectos como por ejemplo el estudio realizado en la ciudad de Santiago de Cali, titulado “Evaluación del potencial del uso de la energía solar fotovoltaica en el campus de la universidad ICESI”, donde se realizaron estudios similares a los consignados en el presente proyecto y en el cual se obtuvo una reducción anual de 215.55 Kg de CO<sub>2</sub>eq, por medio de la utilización de un panel de 250 Watt que estuvo conectado a la red , se puede afirmar que el beneficio ambiental obtenido de la estación fotovoltaica es aceptable teniendo en cuenta que este utiliza 4 paneles de 10 watt, lo que condiciona la cantidad de dispositivos móviles de carga, a diferencia de la potencia del panel utilizado en Cali que supera ampliamente al del proyecto actual, justificando de esta manera el gran ahorro. Se debe tener en cuenta que las proyecciones se realizaron en base al dato obtenido durante las mediciones realizadas en el campus por el periodo de un mes por lo cual es factible que la estación no entregara su capacidad neta, de ser así el consumo de energía aumentaría al igual que la reducción. Adicionalmente según el IDEAM (2014), el potencial de radiación en Cali se encuentra en un rango de 4.5 – 5.0 Kwh/m<sup>2</sup>, valor más alto que el establecido para Montería (4.0–4.5 Kwh/m<sup>2</sup>), lo cual influye en el comportamiento del sistema, pues existe una relación directamente proporcional entre potencia y radiación, garantizando de esta manera un mejor funcionamiento de la energía fotovoltaica en el campus de la Universidad ICESI.

Aparte del beneficio ambiental, cabe resaltar que la fabricación de paneles solares genera diversos efectos nocivos al ambiente, tales como gases de efecto invernadero y consumos de agua y energía. A pesar de que no es una tecnología 100% verde, posee una gran ventaja frente a sus principales competidores los combustibles fósiles en lo que respecta a generación de CO<sub>2</sub> y recuperación de energía, como se observa en la tabla 9, donde por cada kWh producido por instalaciones fotovoltaicas situadas en lugares donde los niveles de irradiación varían entre 1.6 y 1.8 kWh/m<sup>2</sup>.año, se genera entre 0,015 y 0,030 kg. de CO<sub>2</sub>, donde se incluyen las emisiones

producidas durante la fabricación de los paneles y se reparten a lo largo de su vida útil, la cual es aproximadamente 25 años.

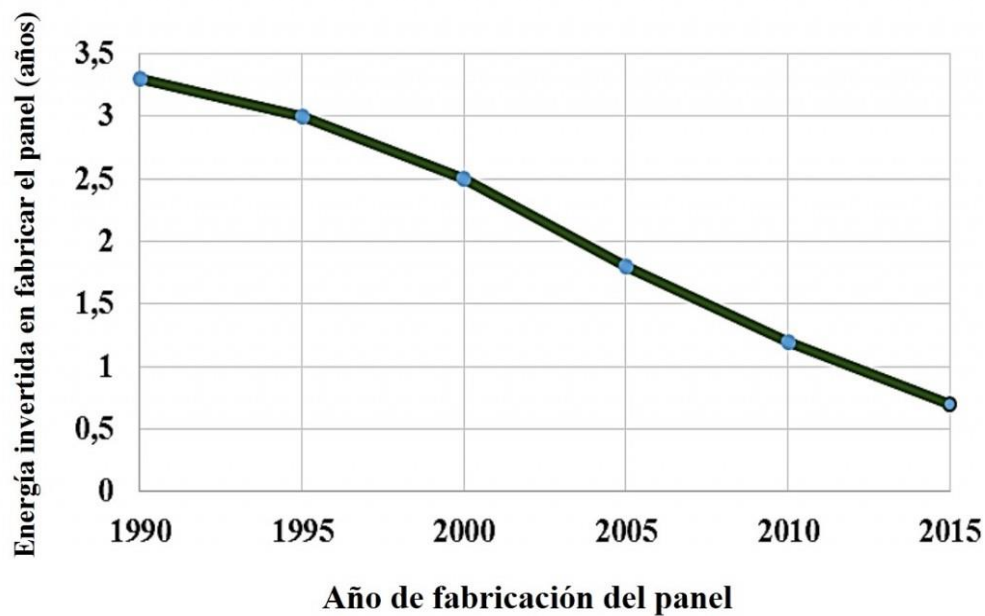
**Tabla 9.**Emisiones de diversas fuentes de energía por cada kWh producido

<b>Tipo de central o de combustible</b>	<b>Emisiones (kg CO<sub>2</sub>/ kWh)</b>
Fotovoltaica	0.015-0.030
Gas natural	0.50
Fuel oil	0.75
Carbon	1.20

**Fuente:** Imperial College London. 2014

Al momento de realizar una comparación con las otras tecnologías que utilizan combustibles fósiles, se puede observar claramente que las instalaciones fotovoltaicas presentan una disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> en un factor de 15 – 80 veces, ventaja considerable teniendo en cuenta que tienen el mismo fin de producir energía, razón considerable para la implementación de esta alternativa.

En lo que respecta a la producción de energía en los últimos años el tiempo de amortización energética (tiempo necesario para que un panel solar produzca tanta energía como la que se utilizó en su construcción e instalación), conocido en siglas como TIAE, ha disminuido considerablemente como se observa en la gráfica tal, beneficio atribuido principalmente al aumento a nivel de eficiencia de los paneles solares.



**Grafica 6.** TIAE en función del año de fabricación.

**Fuente:** Instituto Fraunhofer, 2015.

Actualmente la energía invertida en la fabricación de un panel puede ser recuperada en un periodo cercano a 8 meses, si se tiene en cuenta que la vida útil de un panel aproximadamente es 25 años, más del 90% de su vida produce energía neta adicional a la que se empleó en su fabricación.

### 3.4.2 Beneficios económicos

El medidor de consumo instalado en el plátano solar, arrojó un valor de 4,731 Kw/h en un periodo de treinta días; según la empresa prestadora del servicio de energía eléctrica en la región (Electrificadora del Caribe S.A E.S.P), el precio del Kw/ h es de 419,81 pesos, de acuerdo a estos valores es posible determinar cuál es el ahorro económico que trajo consigo la implementación del Plátano Solar.

$$Ahorro\ Económico = (4,731 \frac{KW}{h} * 419,81 \frac{pesos}{\frac{Kw}{h}})$$

$$Ahorro\ Económico = 1986,12\ pesos$$

Con toda la información recopilada es factible calcular el ahorro económico a corto (un mes), mediano (un año) y largo plazo (tres años), como se observa en la tabla 10:

**Tabla 10.**Ahorro económico Plátano Solar

CONSUMO DE ENERGÍA		COSTO KW/H	AHORRO ECONÓMICO (PESOS)
1 mes	4,731	419,81	1986
2 meses	9,462	419,81	3972
3 meses	14,193	419,81	5958
4 meses	18,924	419,81	7944
5 meses	23,655	419,81	9930
6 meses	28,386	419,81	11916
7 meses	33,117	419,81	13902
8 meses	37,848	419,81	15888
9 meses	42,579	419,81	17875
10 meses	47,31	419,81	19861
11 meses	52,041	419,81	21847
1 año	64,657	419,81	27143
2 año	129,314	419,81	54287
3 año	193,971	419,81	81430

**Fuente:** Elaboración Propia

Si bien el ahorro económico es mínimo, se debe tener en cuenta que el plátano solar no entregó su máxima capacidad en el periodo de prueba. Es necesario saber cuál hubiese sido el ahorro económico en las condiciones ideales (Capacidad Neta).

$$\textbf{Capacidad Neta} = [(6\text{celulares} * 5W * 12h) + (2\text{lampáras} * 6W * 4h) * 30]$$

$$\textbf{Capacidad Neta} = 12240 \text{ Wh}$$

$$\textbf{Capacidad Neta} = \frac{12240 \text{ W}}{h} \left( \frac{1Kw}{1000W} \right)$$

$$\textbf{Capacidad Neta} = 12,240 \text{ Kwh}$$

Con los datos obtenidos, es posible hallar el ahorro económico con base a la capacidad neta del sistema, como se muestra en la tabla 11:

$$\textbf{Ahorro Económico} = (12,240 \frac{KW}{h} * 419,81 \frac{\text{pesos}}{\frac{KW}{h}})$$

$$\textbf{Ahorro Económico} = 5138,47 \text{ pesos al mes.}$$

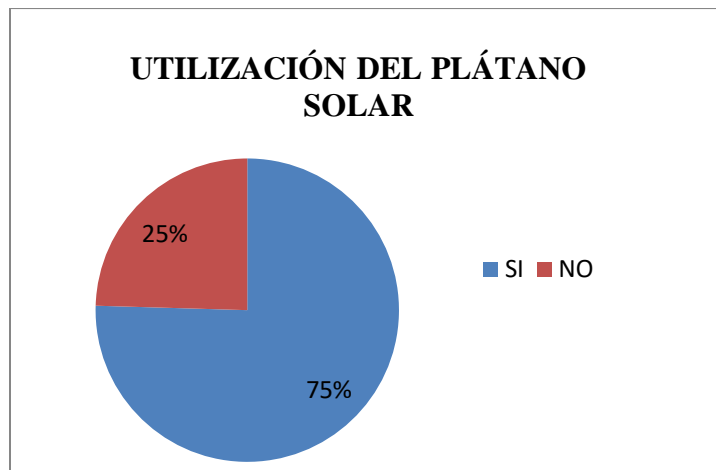
**Tabla 11.** Ahorro Económico Plátano Solar (Capacidad Neta)

<b>CAPACIDAD NETA</b>			
<b>CONSUMO DE ENERGÍA</b>		<b>COSTO Kw/h</b>	<b>AHORRO ECONÓMICO(PESOS)</b>
1 mes	12	419,81	5,138
2 meses	24	419,81	10,277
3 meses	37	419,81	15,415
4 meses	49	419,81	20,554
5 meses	61	419,81	25,692
6 meses	73	419,81	30,831
7 meses	86	419,81	35,969
8 meses	98	419,81	41,108
9 meses	110	419,81	46,246
10 meses	122	419,81	51,385
11 meses	135	419,81	56,523
1 año	147	419,81	61,662
2 año	294	419,81	123,323
3 año	563	419,81	236,370

**Fuente:** Elaboración Propia

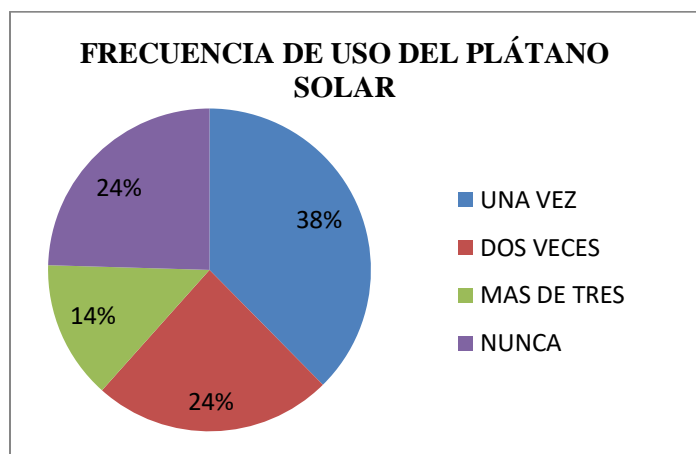
### 3.4.3 Grado de Satisfacción

Los resultados de la encuesta realizada para conocer el grado de satisfacción de la comunidad universitaria, ante la instalación del plátano Solar en la institución (Ver Anexo 6), se resumen a continuación:



**Grafica 7.** Personas que Utilizan el Plátano Solar.

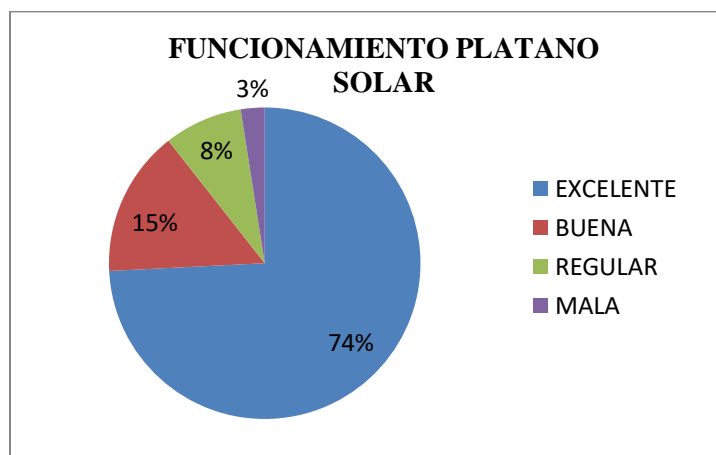
**Fuente:** Elaboración Propia.



**Grafica 8.** Frecuencia de uso Plátano Solar

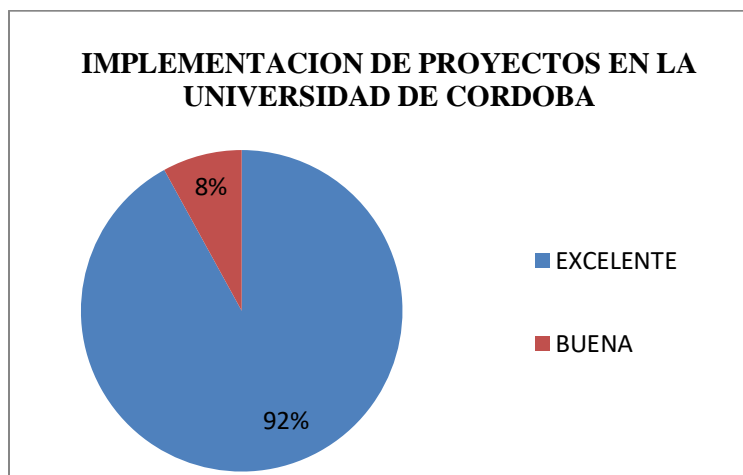
**Fuente:** Elaboración Propia.





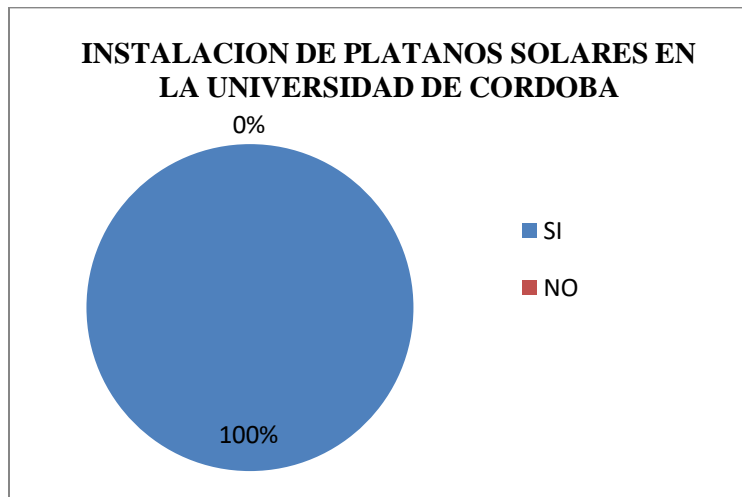
**Grafica 9.** Funcionamiento del Plátano Solar

**Fuente:** Elaboración Propia



**Grafica 10.** Implementación proyectos en la Universidad

**Fuente:** Elaboración Propia



**Grafica 11.** Instalación de Plátanos en la Universidad

**Fuente:** Elaboración Propia

El plátano solar, tuvo una muy buena acogida entre la comunidad de la Universidad de Córdoba, más del 70% de las personas encuestadas lo utilizaron para cargar sus dispositivos móviles, dejando un 25 % restante sin utilizarlo, esto debido a desconocimiento acerca del proyecto, miedo a que se dañaran sus equipos móviles y la inseguridad dentro del Campus. En lo que respecta a la frecuencia de uso, al momento de realizar la encuesta, se observa que un 38 % de las personas lo usaron una sola vez para la carga de dispositivos, el otro 38 restante lo utilizaron en un rango de 2 y más de 3 veces, y una minoría no lo utilizo. Más del 80% de las personas que lo utilizaron tienen una opinión favorable en lo que respecta al funcionamiento, solo un 11% afirman su inconformidad, esto atribuido a algunos comentarios relacionados con la ubicación donde se encuentra instalado. La Comunidad Universitaria en su gran mayoría opinó que le parecía excelente la implementación de este tipo de proyectos que además de ser innovadores, satisfacen sus necesidades y son amigables con el medio ambiente, adicional les gustaría que la idea se multiplicara dentro del Campus, instalando otras estaciones en puntos estratégicos de gran afluencia de personas. La originalidad del diseño tuvo una excelente acogida, les pareció una

buena idea que al llevar a cabo la construcción se hiciera con la forma de una planta autóctona de la región y a pesar de que existen otras estaciones fotovoltaicas alrededor del mundo, ninguna cuenta con las características a nivel estructural y de diseño del plátano solar, lo que lo hace único hasta el momento de la publicación de este informe. El impacto del proyecto no solo fue a nivel de la Universidad, diversos medios de información de Montería y otras ciudades (Periódicos, Portales, Radio) hicieron entrevistas con el fin de conocer todo lo relacionado con el Plátano Solar (Ver Anexo 8).

## **4 CONCLUSIONES**

Se pudo establecer que la región Caribe y la ciudad de Montería específicamente, cuentan con un potencial de radiación alto, condición que permite la implementación de proyectos que involucren el uso de energías alternativas (estaciones fotovoltaicas)

El dimensionamiento permitió que la estación fotovoltaica lograra entregar la energía necesaria para la carga de los dispositivos móviles en jornada diurna, nocturna y en días lluviosos. Adicionalmente se comprobó que el tiempo de carga de los dispositivos móviles utilizando la estación fotovoltaica y la energía convencional es similar, demostrando la eficiencia de la primera.

La implementación del plátano solar en la Universidad de Córdoba – Colombia, trajo consigo una disminución en las emisiones de Dióxido de Carbono equivalente a la atmosfera (0,94 Kg), valor considerable si se observa desde el punto de vista que el proyecto fue diseñado para una capacidad de seis celulares, de ahí la importancia de que este tipo de tecnología sean implementadas a gran escala, para poder obtener una disminución aun mayor de CO<sub>2</sub>.

Aunque el Plátano Solar, es un prototipo con el que se buscó implementar una nueva tecnología amigable con el medio ambiente y que no es dependiente de las fuentes no renovables; los costos de adquisición del sistema eléctrico y de la instalación fueron un poco elevados para la magnitud de la estación fotovoltaica, son debido a que en la actualidad hay una escasa masificación de estas energías no convencionales en el País, haciéndolas pocos rentables si son comparadas con la energía eléctrica.

La estación fotovoltaica tuvo un gran impacto a nivel social tanto en la comunidad universitaria como en la población general, evidenciado el grado de satisfacción de las personas ante la implementación de este tipo de iniciativas, las cuales deberían ser replicadas en el campus y en lugares significativos de la ciudad, puesto que contribuyen al fortalecimiento de las tecnologías sustentables en una región con gran potencial.

## **5 RECOMENDACIONES**

Con el fin de darle un mayor uso a la estación por parte de la comunidad universitaria, se propone que para futuros proyectos, los paneles estén aislados de la estructura, es decir, la estructura se puede instalar en un lugar donde haya sombra y sea más accesible para la comunidad.

Aumentar la capacidad instalada de la estación fotovoltaica, con el fin de suministrar una mayor potencia y poder cargar otros dispositivos móviles.

Al momento de realizar el diseño de las estaciones fotovoltaicas, considerar la incorporación de materiales ecológicos.

Es indispensable que realice por lo menos cada 6 meses un mantenimiento preventivo al Plátano Solar (estructura mecánica y sistema eléctrico), para así prolongar la vida útil del sistema fotovoltaico y de sus componentes.

## **6 BIBLIOGRAFÍA.**



Arellanos, J. 2002. Introducción a la Ingeniería Ambiental. Alfaomega Grupo Editorial S.A, México, p 91-101.

Arenas, D.; Zapata, H. 2011. Libro Interactivo sobre Energía Solar y sus Aplicaciones. Tesis de Tecnólogo en Electricidad, Universidad Tecnológica de Pereira, Armenia.

Chávez, M. 2012. Proyecto de factibilidad para uso de paneles solares en generación fotovoltaica de electricidad en el complejo habitacional “San Antonio” de Riobamba. Tesis de Ingeniera Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.

Corominas, J. 2014. Los primeros minutos del Efecto Invernadero, Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de Ciencias, Departamento de Ciencias, Universidad de Cádiz, ISSN: 1697-011X (En Línea), 11(1), 2014. [http://reuredc.uca.es/index.php/tavira/article/viewFile/502/pdf\\_238](http://reuredc.uca.es/index.php/tavira/article/viewFile/502/pdf_238). Acceso: 5 de marzo (2016).

Cuervo., Méndez, J., ECA, Instituto de Tecnología y Formación. 2007. Energía Solar fotovoltaica. Fundación Confederal, Madrid, p 245.

Duran, L. 2012. Beneficios Ambientales, sociales y tecnológicos, por la implementación de sistemas de abastecimiento energético, mediante el empleo de Energías Renovables. Tesis de Ingeniero Químico, Universidad Autónoma de México, Saragoza.

Echeverri, C. 2006. Estimación de la emisión de gases de efecto invernadero en el municipio de Montería (Córdoba Colombia), Revista Ingeniería, Universidad de Medellín, ISSN: 1692-3324 (En Línea), 5(9) 2006. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75050908> Acceso 5 de marzo (2016).

Enrique, G. 2010. Tecnologías de generación de energía eléctrica. Editorial Limusa, Barcelona, p 124-220.

Estrada, C.; Islas, J. 2010. Energías Alternas: Propuesta de Investigación y Desarrollo Tecnológico para México, p15.

Galvis, J.; Gutiérrez, R. 2013. Implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica para la población Wayuu en Nazareth Corregimiento del municipio de Uribí, departamento de la Guajira- Colombia. Tesis Especialización de Gestión de Proyectos. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Uribí.

Gentile, G. Thiel, I. 2007. El cambio climático y como mitigarlo. Jefatura de Gabinete de ministros- Presidencia de la Nación, Madrid, p 10-11.

Goleman, D. 2009. Inteligencia Ecológica. Editorial Kairós, S.A, Barcelona España, p 73-90.

Herrera, L., Miranda, A., Arango, E., Ramos, C.,González, D. 2013, Dimensionamiento de sistemas de generación fotovoltaico localizados en la ciudad de Medellín, Revista Tecnológicas, Facultad de Minas, Departamento de Energía Eléctrica y Automática, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. ISSN: 0123-7799 (En Línea), Edición Especial Octubre 2013. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=344234341022>. Acceso: 12 de Marzo (2016).

Iniesta, J; García A. 2002. El Gas Natural, El Recorrido de la Energía. Primera Edición. Doménecch S.A. Pág. 4 -18.

Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Disponible en Internet, [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr/full\\_report.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr/full_report.pdf) [10 de Marzo 2016].

International Energy Agency.2010, World Energy Outlook. Disponible en Internet, <http://www.worldenergyoutlook.org/media/weo2010.pdf>. [10 de Marzo 2016].

Jara, W. 2006, Introducción a las Energías Renovables No Convencionales (ERNC).Leaders S.A., Chile, p24-25.

Mascaros, V. 2015. Instalaciones generadoras fotovoltaicas. Ediciones Paraninfo Madrid, p 50.

Miranda, O.; Freire, C.; Pérez, M. 2013. Implementación de un sistema fotovoltaico 760 W/día para generar energía eléctrica en el autobús. Tesis de Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito.

Montes, J. 2002. Energía Solar Fotovoltaica. Colegio Oficial de Ingenieros de Comunicación. Madrid – España. Pág. 23 – 26.

Power, G. 2009. El calentamiento global y las emisiones de carbono, Revista Ingeniería Industrial, Universidad de Lima Perú, ISSN: 1025-9929 (En Línea), n° 27, 2009. . <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337428493007> . Acceso: 5 de Marzo (2016).

Spiegeler, C. 2014. Diseño de Estación Solar para carga eléctrica de equipos electrónico. Tesis de Ingeniería Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

SunfieldEurope. 2011. Boletín Solar Fotovoltaica Autónoma. Disponible en Internet, [http://www.sfe\\_solar.com/wpcontent/uploads/2011/09/sunfields\\_boletin\\_fotovoltaica\\_autonoma.pdf](http://www.sfe_solar.com/wpcontent/uploads/2011/09/sunfields_boletin_fotovoltaica_autonoma.pdf). [15 de Septiembre 2015].

Tobajas, C. 2012. Instalaciones Solares Fotovoltaicas. Canopina S.L Ediciones Ceysa. Madrid, p 25-28.

Velasco, C; Leite, F; Dammet, M; Paz, E. 2009. La Batalla por el Petróleo y El Gas en América Latina. Primera edición. México. Pág. 73 – 77.

## **ANEXOS**

### ANEXO 1. Mediciones preliminares de radiación.

RADIACIÓN SOLAR DÍA(W/m <sup>2</sup> )						
HORA	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	PROMEDIO RADIACIÓN (W/m <sup>2</sup> )
10:00 a.m.	654	1178	714	695	800	808
10:30 a.m.	720	1160	815	679	765	828
11:00 a.m.	890	1286	973	1084	1022	1051
11:30 a.m.	1191	1290	1025	1065	1010	1116
12:00 p.m.	1191	1267	1072	1175	956	1132
12:30 p.m.	1178	1263	1080	1180	1034	1147
01:00 p.m.	1188	355	983	1244	1200	994
01:30 p.m.	1180	323	929	1280	995	941
02:00 p.m.	1175	342	843	1025	890	855
02:30 p.m.	922	373	1129	940	765	826
03:00 p.m.	743	398	1050	820	670	736

<b>RADIACIÓN SOLAR DÍA(W/m<sup>2</sup>)</b>						
<b>HORA</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día7</b>	<b>Día 8</b>	<b>Día 9</b>	<b>Día 10</b>	<b>PROMEDIO RADIACIÓN (W/m<sup>2</sup>)</b>
10:00 a. m.	892	678	324	245	567	541
10:30 a. m.	1191	876	1091	1267	1286	1142
11:00 a. m.	680	1084	789	1065	786	881
11:30 a. m.	695	1188	1180	1175	1160	1080
12:00 p. m.	679	1290	1286	1244	1220	1144
12:30 p. m.	680	1263	1280	1268	1275	1153
1:00 p. m.	912	327	325,3	327,4	323,1	443
1:30 p. m.	1178	354,3	373,4	347	373,6	525
2:00 p. m.	550	371,6	370,8	364,8	373	406
2:30 p. m.	478	366	370	322	355,2	378
3:00 p. m.	375	321	256	309	341,7	321

<b>RADIACIÓN SOLAR DÍA(W/m<sup>2</sup>)</b>						
<b>HORA</b>	<b>Día 11</b>	<b>Día 12</b>	<b>Día 13</b>	<b>Día 14</b>	<b>Día 15</b>	<b>PROMEDIO RADIACIÓN (W/m<sup>2</sup>)</b>
10:00 a. m.	133	432	345	456	356	344
10:30 a. m.	536	546	654	765	564	613
11:00 a. m.	714	967	677	1025	726	822
11:30 a. m.	973	1050	973	1042	983	1004
12:00 p. m.	1072	1032	1080	1050	843	1015
12:30 p. m.	983	952	973	991	1042	988
1:00 p. m.	843	884	536	1122	988	875
1:30 p. m.	991	771	714	929	455	772
2:00 p. m.	776	519	432	815	633	635
2:30 p. m.	536	786	390	526	521	552
3:00 p. m.	402	458	384	220	455	384

**ANEXO 2. Encuesta para determinar el uso de celulares en la universidad de córdoba.**

**1. ¿Tiene usted celular?**

Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_

**2. ¿Carga usted su celular en la universidad?**

Si \_\_\_\_

No \_\_\_\_

**3. ¿Qué tiempo se demora cargando su celular?**

10 minutos \_\_\_\_

15 minutos \_\_\_\_

20 minutos \_\_\_\_

30 minutos \_\_\_\_

Carga completa \_\_\_\_



### ANEXO 3. Determinación PR (Factor global de funcionamiento.)

Se realizó el cálculo de la pérdida por temperatura (PT), utilizando los datos del sitio donde se encuentra ubicado el sistema:

$$PT = kt * (Tc - 25^{\circ}C)$$

Dónde:

$$kt = 0.0043^{\circ}C^{-1}$$

Tc se obtuvo utilizando la siguiente fórmula:

$$Tc = Tamb + \frac{(Tem - 20^{\circ}C) * E}{800}$$

$$Tc = 34^{\circ}C + \frac{(45^{\circ}C - 20^{\circ}C) * 1000}{800}$$

$$Tc = 34^{\circ}C + \frac{25^{\circ}C * 1000}{800}$$

$$Tc = 34^{\circ}C + 31.25^{\circ}$$

$$Tc = 65.25^{\circ}C$$

Reemplazando en la ecuación para hallar PT:

$$PT = 0.0043^{\circ}C^{-1} * (65.25^{\circ}C - 25^{\circ}C)$$

$$PT = 0.0043^{\circ}C^{-1} * (40.25^{\circ}C)$$

$$PT = 0.17 \approx 17\%$$

El porcentaje de pérdida por temperatura es del 17%, las otras pérdidas fueron estipuladas según lo descrito en la Literatura relacionada con el tema.

$$Per = PT + PAS + PD + PS + PE + PRe$$

Dónde:

**PT** (pérdida por temperatura) = 17%

**PAS** (pérdida por acumulación de suciedad) = 3%

**PD** (pérdida por degradación) = 1%

**PS** (pérdida por Sombra) = 2%

**PE** (pérdida eléctricas) = 1.5 %

**PRe** (pérdida por refractaria) = 2.9%

Reemplazando los datos en la ecuación anterior:

$$Per = 17\% + 3\% + 1\% + 2.2\% + 2\% + 3\%$$

$$Per = 28,2 \%$$

Se reemplaza el valor de Per en la siguiente ecuación:

$$PR = 100\% - Per$$

$$PR = 100\% - 28.2\%$$

$$PR = 71.8\%$$

#### ANEXO 4. Determinación de Potencia

11 DE NOVIEMBRE DE 2015				
HORA	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	RADIACIÓN (W/m <sup>2</sup> )	POTENCIA (W)
10:00 a.m.	16,56	1,56	866	25,83
10:15 a.m.	16,45	1,42	930	23,36
10:30 a.m.	14,36	1,1	1045	15,79
10:45 a.m.	14,33	1,7	1079	24,36
11:00 a.m.	14,33	1,12	1039	16,05
11:15 a.m.	13,5	0,73	960	9,85
11:30 a.m.	13,54	0,74	1079	10,02
11:45 a.m.	13,54	0,72	984	9,75
12:00 p.m.	13,53	0,73	1274	9,88
12:15 p.m.	13,65	0,65	1261	8,87
12:30 p.m.	13,49	0,62	1069	8,36
12:45 p.m.	13,65	0,69	1158	9,42
01:00 p.m.	13,52	0,7	1026	9,46
01:15 p.m.	13,41	1,22	1111	16,36
01:30 p.m.	13,5	1,21	1149	16,33
01:45 p.m.	14,03	1,5	912	21,04
02:00 p.m.	13,91	1,49	1093	20,73
02:15 p.m.	13,91	1,5	963	20,86
02:30 p.m.	13,9	1,46	845	20,29
02:45 p.m.	13,91	1,46	787	20,31
03:00 p.m.	14,08	1,8	545	25,34

25 DE NOVIEMBRE DE 2015				
HORA	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	RADIACIÓN (W/m <sup>2</sup> )	POTENCIA (W)
10:00 a.m.	14,3	0,76	1158	10,87
10:15 a.m.	14,3	0,68	1085	9,72
10:30 a.m.	13,48	0,88	999	11,86
10:45 a.m.	13,22	0,98	987	12,95
11:00 a.m.	13,58	0,87	1138	11,81
11:15 a.m.	13,23	0,86	1061	11,38
11:30 a.m.	13,4	0,98	1038	13,13
11:45 a.m.	13,33	1,1	1220	14,66
12:00 p.m.	13,36	1,02	1180	13,63
12:15 p.m.	13,34	1,32	1150	17,61
12:30 p.m.	13,28	1,22	1135	16,20
12:45 p.m.	13,21	1,04	1064	13,74
01:00 p.m.	13,5	1,01	1209	13,64
01:15 p.m.	13,51	1,02	1132	13,78
01:30 p.m.	13,48	1,1	1009	14,83
01:45 p.m.	13,43	0,96	965	12,89
02:00 p.m.	13,49	0,94	945	12,68
02:15 p.m.	13,32	1,08	925	14,38
02:30 p.m.	13,31	1,05	893	13,97
02:45 p.m.	13,43	1,03	867	13,83
03:00 p.m.	13,46	0,95	654	12,79

<b>9 DICIEMBRE DE 2015</b>				
<b>HORA</b>	<b>VOLTAJE (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>RADIACIÓN (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>POTENCIA (W)</b>
10:00 a.m.	14,36	1,11	980	15,94
10:15 a.m.	14,21	1,15	960	16,34
10:30 a.m.	14,33	1,12	1020	16,05
10:45 a.m.	14,25	1,1	1010	15,67
11:00 a.m.	14,22	1,09	1300	15,49
11:15 a.m.	14,09	1,04	1288	14,65
11:30 a.m.	14,22	1,02	1100	14,50
11:45 a.m.	14,11	1,01	1220	14,25
12:00 p.m.	14,01	1,01	1078	14,15
12:15 p.m.	14,09	1,12	1067	15,78
12:30 p.m.	14,02	0,98	1043	13,74
12:45 p.m.	14,2	1,12	1056	15,90
01:00 p.m.	14,01	1,03	1022	14,43
01:15 p.m.	14,05	1,01	1089	14,19
01:30 p.m.	14,03	0,99	1120	13,89
01:45 p.m.	14,11	1,15	1215	16,23
02:00 p.m.	14,08	1,11	967	15,63
02:15 p.m.	14,01	1,02	993	14,29
02:30 p.m.	14,04	1,01	987	14,18
02:45 p.m.	14,01	1	887	14,01
03:00 p.m.	13,99	0,97	640	13,57

<b>23 DE DICIEMBRE</b>				
<b>HORA</b>	<b>VOLTAJE (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>RADIACIÓN (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>POTENCIA (W)</b>
10:00 a.m.	14,36	0,24	943	3,4464
10:15 a.m.	14,21	0,59	970	8,3839
10:30 a.m.	13,85	0,38	959	5,263
10:45 a.m.	13,38	0,17	1205	2,2746
11:00 a.m.	13,39	0,39	1239	5,2221
11:15 a.m.	13,39	0,23	1281	3,0797
11:30 a.m.	13,38	0,29	1288	3,8802
11:45 a.m.	13,38	0,48	1259	6,4224
12:00 p.m.	13,38	0,22	1228	2,9436
12:15 p.m.	13,2	0,66	1220	8,712
12:30 p.m.	13,44	1,76	1078	23,6544
12:45 p.m.	13,33	1,73	1179	23,0609
01:00 p.m.	13,37	0,76	1173	10,1612
01:15 p.m.	13,4	0,6	985	8,04
01:30 p.m.	13,33	0,83	1020	11,0639
01:45 p.m.	13,33	0,6	958	7,998
02:00 p.m.	13,28	0,21	880	2,7888
02:15 p.m.	13,51	0,36	730	4,8636
02:30 p.m.	13,55	0,24	860	3,252
02:45 p.m.	13,53	1,38	1126	18,6714
03:00 p.m.	13,51	1,36	1116	18,3736

<b>20 DE ENERO</b>				
<b>HORA</b>	<b>VOLTAJE (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>RADIACIÓN (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>POTENCIA (W)</b>
10:00 a.m.	15,36	0,56	880	8,6016
10:15 a.m.	15,53	0,78	876	12,1134
10:30 a.m.	14,85	0,98	1120	14,553
10:45 a.m.	14,78	0,94	1320	13,8932
11:00 a.m.	14,69	1,43	1420	21,0067
11:15 a.m.	14,49	1,27	1300	18,4023
11:30 a.m.	14,38	1,09	1256	15,6742
11:45 a.m.	13,78	1,24	1321	17,0872
12:00 p.m.	13,64	1,11	1136	15,1404
12:15 p.m.	13,42	1,56	1453	20,9352
12:30 p.m.	13,56	1,67	1367	22,6452
12:45 p.m.	12,89	1,8	1453	23,202
01:00 p.m.	12,77	1,76	1333	22,4752
01:15 p.m.	14	1,23	1150	17,22
01:30 p.m.	13,56	0,96	1120	13,0176
01:45 p.m.	13,56	0,87	1340	11,7972
02:00 p.m.	13,48	0,65	987	8,762
02:15 p.m.	13,46	0,78	969	10,4988
02:30 p.m.	13,55	0,84	899	11,382
02:45 p.m.	13,78	1,22	959	16,8116
03:00 p.m.	13,65	0,94	978	12,831

<b>3 DE FEBRERO</b>				
<b>HORA</b>	<b>VOLTAJE (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>RADIACIÓN (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>POTENCIA (W)</b>
10:00 a.m.	14,6	1,1	1452	16,06
10:15 a.m.	14,54	0,98	1323	14,2492
10:30 a.m.	14,23	0,78	1042	11,0994
10:45 a.m.	14,12	0,85	1021	12,002
11:00 a.m.	14	0,8	1267	11,2
11:15 a.m.	13,59	0,65	1100	8,8335
11:30 a.m.	13,43	0,45	998	6,0435
11:45 a.m.	13,44	0,62	1220	8,3328
12:00 p.m.	12,96	0,53	1180	6,8688
12:15 p.m.	13,46	1,32	1232	17,7672
12:30 p.m.	13,44	1,89	1454	25,4016
12:45 p.m.	12,86	1,76	1342	22,6336
01:00 p.m.	12,65	1,65	1244	20,8725
01:15 p.m.	13,67	1,45	1187	19,8215
01:30 p.m.	14,55	1,29	1156	18,7695
01:45 p.m.	13,33	0,78	985	10,3974
02:00 p.m.	13,28	0,65	956	8,632
02:15 p.m.	13,51	0,54	936	7,2954
02:30 p.m.	13,55	0,96	924	13,008
02:45 p.m.	13,53	0,79	922	10,6887
03:00 p.m.	13,51	0,87	897	11,7537



17 DE FEBRERO				
HORA	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	RADIACIÓN (W/m <sup>2</sup> )	POTENCIA (W)
10:00 a.m.	14,22	1,32	990	18,7704
10:15 a.m.	14,12	1,22	967	17,2264
10:30 a.m.	14,11	1,06	1080	14,9566
10:45 a.m.	14	1,1	1100	15,4
11:00 a.m.	13,98	0,87	1256	12,1626
11:15 a.m.	13,88	0,96	1345	13,3248
11:30 a.m.	13,75	0,85	1256	11,6875
11:45 a.m.	13,56	0,78	1322	10,5768
12:00 p.m.	13,45	0,72	1432	9,684
12:15 p.m.	13,24	0,68	1264	9,0032
12:30 p.m.	13,22	0,87	1186	11,5014
12:45 p.m.	13,26	0,82	1068	10,8732
01:00 p.m.	13,37	0,76	1186	10,1612
01:15 p.m.	13,56	0,68	1080	9,2208
01:30 p.m.	13,44	0,67	1165	9,0048
01:45 p.m.	13,35	0,78	1345	10,413
02:00 p.m.	13,11	0,68	1146	8,9148
02:15 p.m.	13,54	0,62	978	8,3948
02:30 p.m.	13,48	0,58	954	7,8184
02:45 p.m.	13,44	0,53	865	7,1232
03:00 p.m.	13,68	0,5	765	6,84

## **ANEXO 5. Energía Ideal ( $E_I$ ) y Energía Real ( $E_R$ ) entregada por el sistema**

La energía real ( $E_R$ ) y energía ideal ( $E_I$ ) entregada por el sistema, se calculó teniendo en cuenta la siguiente formula:

$$E = P * \text{numero de horas pico sol}$$

Donde, P es la potencia del sistema, y el número de horas pico sol corresponde a 5 h.

### **Energía ideal ( $E_I$ )**

Se calculó teniendo en cuenta la potencia que debía entregar el sistema, en este caso 40 W y el número de horas pico sol, establecido para Montería correspondiente a 5 h. reemplazando los datos en la ecuación:

$$E_I = 40W * 5h$$

$$E_I = 200Wh$$

La Energía ideal ( $E_I$ ) entregada por el sistema es igual a 200Wh

### **Energía real ( $E_R$ )**

Se calculó teniendo en cuenta la potencia real promedio que entrega el sistema, la cual se obtuvo como resultado de las mediciones realizadas utilizando los multímetros, en este caso 36,52W y el número de horas pico sol, establecido para Montería correspondiente a 5 h. reemplazando los datos en la ecuación:

$$E_R = 36,52W * 5h$$

$$E_R = 182,6Wh$$

La Energía Real ( $E_R$ ) entregada por el sistema es igual a 182,6W.

## **ANEXO 6. Encuesta del grado de satisfacción Plátano Solar**

**1. ¿Ha utilizado el Plátano solar ubicado en las inmediaciones del edificio bioclimático para cargar sus dispositivos móviles?**

Si \_\_\_\_\_

No \_\_\_\_\_

**2. ¿Cuántas veces lo ha utilizado?**

- Una vez \_\_\_\_\_
- Dos veces \_\_\_\_\_
- Más de tres veces \_\_\_\_\_
- Nunca \_\_\_\_\_

**3. ¿Qué opinión le merece el funcionamiento de la estación fotovoltaica (Plátano solar)?**

Excelente \_\_\_\_\_

Buena \_\_\_\_\_

Regular \_\_\_\_\_

Mala \_\_\_\_\_

**4. ¿Cómo le parece la implementación de este tipo de proyectos en la Universidad de Córdoba?**

- Excelente \_\_\_\_\_
- Buena \_\_\_\_\_
- Regular\_\_\_\_\_
- Mala \_\_\_\_\_

**5. ¿Le gustaría que se instalaran más estaciones fotovoltaicas (Plátano solar) en otros puntos estratégicos de la Universidad?**

Si \_\_\_\_\_

No\_\_\_\_\_

## **ANEXO 7.Registro Fotográfico**

### **Elementos sistema fotovoltaico**

#### **Panel solar**



#### **Bateria**



### **Regulador e Inversor**



### **Prueba del Sistema Fotovoltaico**







## Instalacion Platano Solar en la Universidad de Cordoba





Vista Frontal Platano Solar



Vista Frontal Platano Solar



## ANEXO 8. Evidencias de noticias relacionadas al proyecto

### DIARIO EL UNIVERSAL

Cartagena - Colombia | Miércoles 13 de julio de 2016 | Ediciones anteriores | Ingresar | Registrarse | Síguenos en:

# EL UNIVERSAL

Cartagena | Sucesos | Sociales | Deportes | Regional | Opinión | Política | Farándula | Clasificados | Secciones

**Tiempos de interés:** Proceso de paz | Transcaribe | Copa Libertadores | Tour de Francia

Home - Regional - Córdoba -

## El plátano solar, una apuesta de Unicórdoba ante la crisis energética

NIDIA SORIANO M. | @ElUniversalCag | Montería | 10 de Mayo de 2016 12:00 am |



Este plátano solar podría ser incluido en la Ciudad Verde en la que pretende convertirse Montería. #ELUNIVERSAL

Me gusta | Compartir | 2 | Twitter | G+ | 2 | Email | 1

El plátano solar es la nueva apuesta tecnológica que hacen los estudiantes de la Universidad de Córdoba para enfrentar la crisis energética que vive el país.

Se trata efectivamente de una aparente mata de plátano, abundante en la región, pero con un objetivo específico: aprovechar la luz solar para luego utilizarla en funciones básicas como la carga de celulares, tabletas y computadores. El objetivo que se trazaron los gestores del proyecto, Carolina Martín y Sandra Contreras, estudiantes de décimo semestre de Ingeniería Ambiental, fue el aprovechamiento sostenible de la energía solar fotovoltaica.

Con la asesoría y coordinación del docente Gabriel Campo Daza, diseñaron una mata de plátano, con cuatro paneles solares ubicados en la parte superior de las hojas, lo que permite generar energía sostenible para cargar seis dispositivos móviles simultáneamente.

Para la estudiante Carolina Martín, con este producto le hace alegoría a uno de los principales cultivos de la economía cordobesa, que busca con esta tecnología sostenible y limpia una mayor eficiencia y aprovechamiento de la luz solar, para que los ciudadanos del común puedan cargar

INSTAGRAM | Por eluniversalcag

2059 fotos | 55730 seguidores

See the number of likes on the Instagram post.



MÉRCULES 13 DE JULIO DE 2016
CONTACTENOS | QUIÉNES SOMOS | OFERTAS | CLASIFICADOS | SUSCRIPCIONES

# EL HERALDO

HOME | LOCAL | REGIÓN | DEPORTES | TENDENCIAS | ENTRETENIMIENTO | JUDICIAL | NOTICIAS | MULTIMEDIA | OPINIÓN | REVISTA

CÓRDOBA
Sábado 14 de Mayo de 2016 - 12:01am

## La mata de plátano que recarga celulares y hasta computadores



Foto: Eduardo García

La 'mata de plátano solar' en el campus universitario.

Compartir
Tweet
+1

POR:  
EDUARDO GARCÍA

### El dispositivo funciona en la Universidad de Córdoba.

En el transitado paso que comunica con las facultades de música e informática de la Universidad de Córdoba una 'mata de plátano' seduce, atrae a la comunidad estudiantil y a los visitantes: en vez de racimos, esta produce energía y tiene más de una docena de cables para cargar celulares, tabletas digitales y computadores portátiles.

Verde y de casi dos metros de altura, de sus ocho anchas hojas, semejantes a las de la planta herbácea que produce la fruta tropical, salen cuatro pequeños paneles solares que, con energía fotovoltaica, permiten cargar simultáneamente hasta seis móviles de cualquier modelo.

El dispositivo 'Plátano Solar' es el resultado de la tesis de grado de María Carolina Marín y Sandra Contreras, estudiantes de décimo semestre de Ingeniería Ambiental, cuyo trabajo titularon: 'Implementación y evaluación de una estación fotovoltaica para cargar celulares en la Universidad de Córdoba, Colombia'.

El objetivo es 'disminuir la huella del contaminante carbono y fortalecer las tecnologías sustentables en la región', explican. En septiembre comenzaron a construir su invento y hoy lo ofrecen a todos en el campus universitario.

"Durante todo el día el dispositivo capta la energía solar. Está diseñado para seguir funcionando por la noche, o en días lluviosos, porque tiene energía acumulada hasta por 24 horas", explica Marín. Para ello lo equiparon con una batería de 12 voltios recargable.

**Homenaje a campesinos.** Iván Guerrero, estudiante de segundo semestre de Informática y Medios Audiovisuales, valoró como "muy bueno" que la universidad tenga un sitio público de estas características. "A veces --comenta-- uno deja en casa el cargador y esta es la mejor

\*\*\*  
ALLENCO

### ÚLTIMAS NOTICIAS

13 Julio 2016 - 10:01pm  
Representante Barguil pidió al Superintendente que no 'caliente la olla' nada más y que no continúe la complejidad frente al caso Bedricaribe

13 Julio 2016 - 10:01pm  
Camioneros en paro protestan con caravanas en Barranquilla

13 Julio 2016 - 12:11pm  
Procuraduría descarta irregularidades de ex secretario del Atlántico en pago de homologación

13 Julio 2016 - 11:51am  
Barcelona ficha a Lucas Digne por 16,5 millones

### SUSCRIBETE AL NEW SLETTER

Mantente actualizado con las noticias más importantes del día con el Newsletter de EL HERALDO

Nombre \*

Email \*

ENVIAR



  
bhpbilliton  
nourishing the future  
Realizando Compañías

  
DESARROLLO COMUNITARIO Y ECONOMÍA

  
Global Communities  
Construyendo un Mundo Mejor

---

[INICIO](#)
[MONTERÍA](#)
[JUDICIAL](#)
[CÓRDOBA](#)
[NACIÓN](#)
[DEPORTE](#)
[TENDENCIAS](#)
[RADIO](#)
[TERRITORIOS DE PAZ](#)

---

[Inicio](#) > [Tecnología](#) > [Consultantes de la Universidad de Córdoba inventaron un cargador solar para celulares](#)

**TECNOLOGÍA**

## Estudiantes de la Universidad de Córdoba inventaron un cargador solar para celulares

28 abril, 2018 - 3:53 PM

[Compartir en Facebook](#)
 [Compartir en Twitter](#)

Estudiantes Ingeniería Ambiental Unicórdoba crean dispositivo Cargador S...



### ¡Atención!

Se empresario del sector privado  
proyectos e inversiónes. RR.OO. De Inversión. Estudios.  
Confianza y calidad de el trabajo de calidad de  
los servicios de ingeniería ambiental al costo 10 y 20 años.  
Sus servicios son los mejores.

  
**Para mayor información  
comuníquese al  
311 365 1525  
o visítanos en la  
Cra 8 N.º 39-45**

  
**comfacor**

  
Servicio al Cliente

Share
 Tweet
 Email

El invento recibe el nombre de plátano solar, tiene como objetivo disminuir la huella de carbono y fortalecer las tecnologías sustentables por medio del aprovechamiento de la riqueza solar del departamento.

El cargador en su forma simula un árbol que está compuesto por cuatro paneles solares que permite cargar 6 celulares de forma simultánea; pero también puede ser utilizado por otros dispositivos como tablets y computadores convencionales debido a los puertos que están disponibles para su conexión.

  
**EMPRESA**  
**URRÁ S.A. E.S.P.**  
*Generación Sostenible*

  
**Climara**  
CREANDO EN CADA ESPACIO UNA ATMÓSFERA SALUDABLE Y DE CONFORT

  
**fármacos**  
**de la COSTA**  
**FÁRMACOS DE LA COSTA**

**LO ÚLTIMO**



**Descarga nuestra APP**  
[www.monteriaradio38grados.com](http://www.monteriaradio38grados.com)

  
Android iOS

Inicio Quienes Somos Noticias » Opinión Tecnología Salud Videos Contactenos

 TWITTER

 0

 15



Señal en VIVO

[Home](#) > [Córdoba & Noticias](#) > [Matas de plátano servirán como cargadores de celulares usando energía solar](#)

## Matas de plátano servirán como cargadores de celulares usando energía solar

28 abril, 2016 | In Córdoba, Noticias | No hay comentarios



Visto: 248

Las estudiantes de décimo semestre del programa de Ingeniería Ambiental, Carolina Martín y Sandra Contreras, bajo la asesoría y coordinación del docente Gabriel Campo Deza, diseñaron un dispositivo denominado el plátano solar, que permite cargar celulares, tabletas, computadores, con el aprovechamiento sostenible de la energía solar fotovoltaica.

Este proyecto novedoso tiene la forma de un plátano solar y se compone de cuatro paneles solares ubicados en la parte superior de las hojas, lo que permite generar energía sostenible para cargar 6 dispositivos móviles simultáneamente.

Para la estudiante Carolina Martín, el plátano solar le hace alegoría a uno de los principales cultivos de la economía.

Señal en Vivo



Broadcast live streaming video on Ustream



Columna de Opinión

Columna de Opinión

Dónde es que están los verdaderos bandidos?

Por Toño Sánchez Jr





## PORTAL POSITIVA ALAMEDAS



[NUESTRA REGIÓN](#)
[EDUCACIÓN](#)
[EMPENDIMIENTO Y NEGOCIOS](#)
[TECNOLOGÍA](#)
[ALAMEDAS CENTRO COMERCIAL](#)

**TENDENCIAS**
[Crea hábitos y rutinas con alamedas saludable](#)
[Centro Histórico](#)

### ÁRBOL DE PLÁTANO SOLAR CONTRIBUYE A LA MASIFICACIÓN DEL USO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA REGIÓN

01 JUN 2018

0 COMENTARIOS



★★★★★

Plátano solar



**BUSCAR**

Escribe para buscar y presione Enter

**CATEGORÍAS**

Alamedas Centro Comercial	Becas
Cocina del patio	BK2
Deporte	Cultura
Emprendimiento y Negocios	Educación
Galería	Finanzas Personales
Innovación	Infografía
Nuestra Región	Medio ambiente
Tecnología	Ruta Celeste
Viajes	Tendencias
	Vida saludable

**ALAMEDAS CENTRO COMERCIAL**

Crea hábitos y rutinas con alamedas saludable  
JULIO 8, 2018

Así vivió alamedas la feria ganadera  
JULIO 4, 2018

En junio prográmate con alamedas y vive las mejores...  
JUNIO 6, 2018

Alamedas le da el regalo perfecto a mamá y papá  
MAYO 29, 2018

Alamedas se vistió de ternura, dulces y diversión...  
ABRIL 25, 2018

### ANEXO 9. Presupuesto Plátano Solar

<b>PRESUPUESTO</b>			
<b>SISTEMA FOTOVOLTAICO</b>			
<b>COMPONENTES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Panel solar 10W - 12 V	4	145.000	580.000
Batería 40 AMPS -12 V	1	230.000	230.000
Inversor 450 W - 12 V	1	342.000	342.000
Regulador 6 AMPS - 12 V	1	179.800	179.800
Temporizador de luces	1	120.000	120.000
Medidor de consumo 110V	1	150.000	150.000
Cableado	-	160.000	160.000
Cargadores	4	20.000	80.000
Accesorios	-	400.000	400.000
Panel Led 5" 6W	2	42.000	84.000
Multímetro	3	30.000	90.000
Estructura Mecánica	1	2.500.000	2.500.000
Instalación Sistema Fotovoltaico	1	300.000	300.000
Instalación Estructura Mecánica	1	200.000	200.000
<b>TOTAL</b>			<b>5.415.800</b>



## ANEXO 10. Manual de Operaciones

El plátano solar, es una estación fotovoltaica para cargar celulares; el sistema está conformado por 4 paneles solares, que captan la energía proveniente del sol, una batería donde se almacena dicha energía, un regulador que controla los procesos de carga y descarga de la batería y un inversor encargado de transformar la energía de DC a AC.

### ESPECIFICACIONES PLÁTANO SOLAR

#### ESPECIFICACIONES DE LA ESTRUCTURA ELÉCTRICA



El plátano solar está compuesto por una estructura mecánica fabricada en hierro, cuenta con ocho hojas hechas en material acrílico y una base donde se almacenan los equipos del sistema elaborado en láminas galvanizadas

#### ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA ELECTRICO

<b>COMPONENTES</b>	<b>ESPECIFICACIONES</b>
Panel solar	10W - 12 V
Batería	40 AMPS -12 V
Inversor	450 W - 12 V
Regulador	6 AMPS - 12 V
Luces Panel Led 5"	6W

El plátano solar cuenta con 4 puertos tipo Android y un enchufe de dos puestos, obteniendo una capacidad para una carga simultanea de 6 dispositivos móviles.

## ¿Qué se puede conectar y que no en el Plátano Solar?

	
<b>Celulares</b>	<b>Portátiles</b>
<b>Tablet</b>	<b>Grabadoras</b>
<b>Cámaras</b>	<b>Otro dispositivo diferente</b>
<b>Reproductores de Música</b>	

## **INSTALACION DEL SISTEMA \***

### **CONEXIÓN**

Se conecta la batería al regulador, introduciendo y posteriormente atornillando los cables en los orificios donde se encuentra el símbolo de la batería, primero el cable negativo, seguido el cable positivo.

Se procede a conectar y posteriormente a atornillar los cables provenientes de los paneles, en los orificios del regulador donde se encuentra el símbolo del panel, primero el cable negativo, después el cable positivo.

Por último se conecta los cables procedentes del inversor a la batería, primero el cable negativo, después el cable positivo

### **DESCONEXION**

Se desconecta en primera instancia el inversor de la batería primero el cable positivo, después el cable negativo

Seguidamente se procede a desconectar el panel desatornillando del regulador primero el cable positivo y posteriormente el cable negativo.

Por último, se desconectan los cables que van conectado del regulador a la batería, primero el positivo y después el negativo

**\* Antes de Conectar el sistema se recomienda leer las recomendaciones**

## RECOMENDACIONES

- En el sistema los cables positivos son de color rojo y blanco, los cables negativos son de color negro.
- El regulador proporciona información acerca de la conexión del sistema, si todo se encuentra correctamente conectado , se observara encendida una luz de color verde , si por el contrario se observa durante la instalación que se enciende una luz de color rojo, existe una falla , la cual es posible comprobar su corrección al pasar la luz de rojo a verde.
- La información relacionada con los niveles de carga y descarga de la batería es proporcionada por el regulador:
  - Luz verde: Batería totalmente cargada
  - Luz Naranja : Batería a media carga
  - Luz Roja: Batería descargada
- Al momento de conectar el inversor a la batería, se puede generar un arco (Chispas), se recomienda conservar la calma esto sucede cuando la batería se encuentra totalmente cargada.
- Cuando se realice la desconexión del sistema, cuidar que no se presente contacto entre los dos cables (positivo y negativo), se puede generar un corto.

## **MANTENIMIENTO DEL SISTEMA**

- Antes de empezar el mantenimiento se recomienda apagar el sistema, para evitar accidentes.
- Para garantizar la eficiencia de funcionamiento de los paneles, se recomienda limpiarlos periódicamente. Dicha limpieza debe hacerse con agua y un paño suave.
- Se recomienda revisar mensualmente la caja donde se encuentra ubicado la batería, el inversor y regulador, con el fin de verificar que no estén expuestos al sol y lluvia.
- Verificar que las conexiones se encuentren en perfecto estado y que los cables no presenten ninguna clase de deterioro.
- Si se escucha algún ruido extraño procedente del sistema, apagarlo y contactar a personal especializado.